



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 100 20 518 A 1**

51 Int. Cl. 7:
F 16 F 15/027

21 Aktenzeichen: 100 20 518.6
22 Anmeldetag: 19. 4. 2000
43 Offenlegungstag: 2. 11. 2000

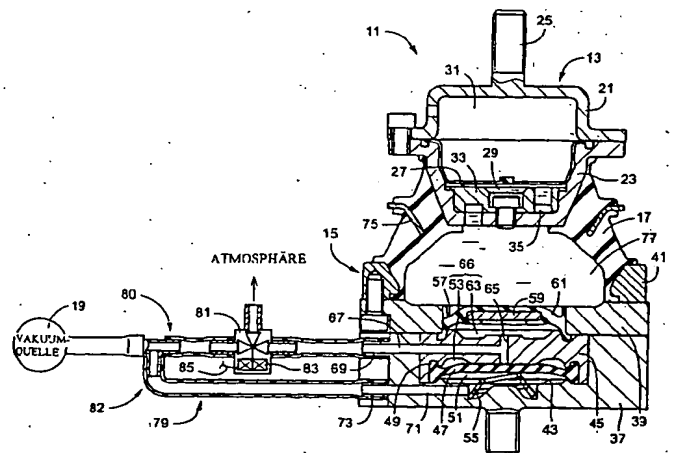
30 Unionspriorität:
11-112902 20. 04. 1999 JP
71 Anmelder:
Tokai Rubber Industries, Ltd., Komaki, Aichi, JP
74 Vertreter:
BOEHMERT & BOEHMERT, 28209 Bremen

72 Erfinder:
Muramatsu, Atsushi, Komaki, Aichi, JP; Ichikawa,
Hiroyuki, Komaki, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Pneumatisch betätigte aktive Schwingungsdämpfungs-
vorrichtung mit einer Luftkammer steuerbaren
Volumens

57 Pneumatisch betätigte aktive Schwingungsdämp-
fungs-
vorrichtung (11, 87, 102), die zwischen zwei Teilen
eines Schwingungssystems angeordnet ist, um die bei-
den Teile in einer schwingungsdämpfenden Weise zu ver-
binden, wobei die Schwingungsdämpfungs-
vorrichtung umfaßt:
ein erstes und ein zweites Befestigungsteil (13, 15), die ei-
nen gegenseitigen Abstand aufweisen und an den beiden
Teilen des Schwingungssystems befestigbar sind;
einen elastischen Körper (17), der das erste und zweite
Befestigungsteil elastisch verbindet;
eine Arbeitsluftkammer (53, 63), die dazu bestimmt ist,
eine oszillierende Kraft zwischen dem ersten und dem
zweiten Befestigungsteil aufzubringen, auf der Grundlage
einer periodischen Veränderung eines Luftdrucks in der
Arbeitsluftkammer; und
einen Volumenregler (51, 95, 103, 105, 109, 111), der dazu
bestimmt ist, das Volumen der Arbeitsluftkammer zu re-
geln.



DE 100 20 518 A 1

DE 100 20 518 A 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich allgemein auf eine aktive Schwingungsdämpfungs Vorrichtung, die zwischen zwei Elementen eines Schwingungssystems angeordnet ist, um diese beiden Elemente zu verbinden oder eines dieser Elemente auf dem anderen Element in einer schwingungsdämpfenden Weise anzubringen, so daß eine von einem der beiden Elemente auf das andere übertragene Schwingung aktiv gedämpft wird. Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere eine pneumatisch betätigte aktive Schwingungsdämpfungs Vorrichtung, die eine zwischen den beiden Elementen ausgebildete Luftkammer umfaßt; um eine oszillierende Kraft zwischen den beiden Elementen aufzubringen, die auf einer periodischen Veränderung des Luftdrucks in der Luftkammer beruht.

Stand der Technik

Eine aktive Schwingungsdämpfungs Vorrichtung ist als ein Typ einer Schwingungsdämpfungs Vorrichtung bekannt, bspw. als schwingungsdämpfende Kupplung (Buchse) oder Anbringung; die zwischen zwei Teilen eines Schwingungssystems angeordnet ist, um diese beiden Teile flexibel zu verbinden oder um eines dieser Teile auf dem anderen in einer schwingungsdämpfenden Weise anzubringen. Eine solche aktive Schwingungsdämpfungs Vorrichtung, wie sie in der JP-A-60-8540 (Veröffentlichung einer japanischen ungeprüften Patentanmeldung), der JP-A-61-2939 (Veröffentlichung einer japanischen ungeprüften Patentanmeldung) und der JP-U-61-191543 (Veröffentlichung einer japanischen ungeprüften Gebrauchsmusteranmeldung) offenbart ist, umfaßt bspw.: ein erstes und ein zweites Befestigungsteil, die einen gegenseitigen Abstand aufweisen; einen elastischen Körper, der das erste und zweite Befestigungsteil elastisch miteinander verbindet; und eine Vorrichtung zum Erzeugen einer oszillierenden Kraft, die dazu bestimmt ist, eine oszillierende Kraft zwischen den beiden Befestigungsteilen zu erzeugen und auf diese aufzubringen, wodurch Schwingungsdämpfungseigenschaften der Schwingungsdämpfungs Vorrichtung eingestellt werden. Die aktive Schwingungsdämpfungs Vorrichtung kann so betrieben werden, daß die oszillierende Kraft entsprechend der zu dämpfenden Schwingung erzeugt wird, und daß die oszillierende Kraft auf das Schwingungsteil, dessen Schwingung gedämpft werden soll, aufgebracht wird, so daß die aktive Schwingungsdämpfungs Vorrichtung in der Lage ist, die zu dämpfende Schwingung zu eliminieren oder zu reduzieren, indem der Schwingungseintrag bzw. die Eingangsschwingung durch die oszillierende Kraft eliminiert wird, oder in der Lage ist, ihre Federeigenschaften aktiv entsprechend dem Schwingungseintrag bzw. der Eingangsschwingung einzustellen, so daß vergrößerte Schwingungsdämpfungseigenschaften bereitgestellt werden. Eine solchernaßen aufgebaute aktive Schwingungsdämpfungs Vorrichtung wird als geeignet für eine Motoraufhängung oder eine Karosserieaufhängung für ein Kraftfahrzeug angesehen.

Weiterhin ist eine aktive Schwingungsdämpfungs Vorrichtung einer anderen Bauart bekannt, bei der eine Luftkammer zwischen einem ersten und einem zweiten Befestigungsteil ausgebildet ist und abwechselnd durch einen Umschaltvorgang eines ersten Schaltventils mit einer Unterdruckquelle und der Atmosphäre verbunden wird, wodurch die oszillierende Kraft auf der Grundlage einer periodischen Veränderung des Luftdrucks in der Luftkammer hervorgerufen wird, bei einer Frequenz, die der Frequenz entspricht, mit der das erste Schaltventil abwechselnd in zwei Betriebspositionen gebracht wird, nämlich eine "Unterdruckposition" zur Ver-

bindung der Luftkammer mit einer Unterdruckquelle, und einer "Atmosphärenposition" zur Verbindung der Luftkammer mit der Atmosphäre. Diese pneumatisch betätigte Bauart einer aktiven Schwingungsdämpfungs Vorrichtung erfordert nicht, daß ein schweres und kompliziertes Teil wie bspw. ein elektromagnetisches Betätigungselement darin eingebaut ist, was zu einer Verringerung der Anzahl benötigter Bauteile, der Größe und des Gewichts und der erforderlichen Menge des elektrischen Stromverbrauchs der Vorrichtung führt.

Bei dem wie vorstehend beschrieben aufgebauten, pneumatisch betätigten Typ einer aktiven Schwingungsdämpfungs Vorrichtung ist es wesentlich und zweckmäßig, das erste Schaltventil und den Unterdruck in der Luftkammer so zu steuern, daß nicht nur die Frequenz und Phase, sondern auch die Amplitude der oszillierenden Kraft denen der zu dämpfenden Schwingung entsprechen, um die aktive Dämpfungswirkung im Hinblick auf die Schwingung des schwingungsfähigen Teils des Schwingungssystems zu verbessern.

Um die vorstehend genannten Anforderungen zu erfüllen, ist vorgeschlagen worden, (a) die Frequenz, Phase und Amplitude der zu dämpfenden Schwingung zu erfassen, indem ein geeigneter Sensor verwendet wird, wie bspw. ein Beschleunigungsmesser oder Beschleunigungssensor, oder die Frequenz, Phase und Amplitude entsprechend vorbestimmten Datensätzen zu schätzen, (b) die Frequenz und Phase des Umschaltvorgangs des Schaltventils zu steuern, so daß die Frequenz und Phase der oszillierenden Kraft denen der zu dämpfenden Schwingung entspricht, und (c) den Unterdruck in der Luftkammer so zu steuern, daß die Amplitude der oszillierenden Kraft derjenigen der zu dämpfenden Schwingung entspricht.

Wenn die pneumatisch betätigte Schwingungsdämpfungs Vorrichtung bei einem Kraftfahrzeug verwendet wird, und wenn das Luftansaugsystem des Motors des Fahrzeugs als Unterdruckquelle verwendet wird, ist es schwierig, den Unterdruck in dem Luftansaugsystem als Unterdruckquelle zu regulieren, und es ist daher schwierig, die oszillierende Kraft zu erhalten, deren Amplitude derjenigen der zu dämpfenden Schwingung entspricht. Die aktive Schwingungsdämpfungs Vorrichtung bietet keine ausreichend hohe aktive Schwingungsdämpfungswirkung oder kann sogar den Schwingungszustand der schwingenden Teile verschlechtern, wenn die Amplitude der oszillierenden Kraft derjenigen der Schwingung des Gegenstands nicht genau entspricht.

Zusammenfassung der Erfindung

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, eine pneumatisch betätigte aktive Schwingungsdämpfungs Vorrichtung mit einem neuartigen Aufbau bereitzustellen, die eine einfache Regulierung einer oszillierenden Kraft mittels eines einfachen Mechanismus ermöglicht, und die eine hervorragende und stabile Schwingungsdämpfungswirkung zeigt, entsprechend einer Veränderung eines Luftdrucks einer mit einer Arbeitsluftkammer verbundenen Luftquelle und einer Veränderung einer Frequenz, Phase und Amplitude der zu dämpfenden Schwingung.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine pneumatisch betätigte aktive Schwingungsdämpfungs Vorrichtung gelöst, die zwischen zwei Teilen eines Schwingungssystems angeordnet ist, um die beiden Teile in einer schwingungsdämpfenden Weise zu verbinden, mit: (a) einem ersten und einem zweiten Befestigungsteil, die einen gegenseitigen Abstand aufweisen und an den beiden Teilen des Schwingungssystems befestigbar sind; (b) einem elastischen Körper, der das erste und zweite Befestigungsteil elastisch ver-

bindet; (c) einer Arbeitsluftkammer, die dazu bestimmt ist, eine oszillierende Kraft zwischen dem ersten und zweiten Befestigungsteil aufzubringen, auf der Grundlage einer periodischen Veränderung eines Luftdrucks in der Arbeitsluftkammer; und (d) einem Volumenregler, der dazu bestimmt ist, ein Volumen der Arbeitsluftkammer zu regeln.

In der pneumatisch betätigten aktiven Schwingungsdämpfungsvorrichtung nach der vorliegenden Erfindung, die gemäß der vorstehenden Ausführungsform der Erfindung aufgebaut ist, kann die zwischen dem ersten und zweiten Befestigungsteil aufgebrachte oszillierende Kraft durch Verändern des Volumens der Arbeitsluftkammer gesteuert werden. Insbesondere kann die aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung so arbeiten, daß das Volumen der Arbeitsluftkammer, in der die periodische Veränderung des Luftdrucks erzeugt wird, vergrößert wird, so daß die Größe bzw. Amplitude der periodischen Veränderung des Luftdrucks, die in der Arbeitsluftkammer herbeigeführt wird, wesentlich reduziert werden kann, was zu einer Reduzierung der Größe bzw. Amplitude der oszillierenden Kraft führt. Auf der anderen Seite kann die aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung so arbeiten, daß das Volumen der Arbeitsluftkammer verringert wird, so daß die Größe bzw. Amplitude der periodischen Veränderung des Luftdrucks, die in der Luftkammer herbeigeführt wird, wesentlich vergrößert werden kann, was zu einer Vergrößerung der Größe bzw. Amplitude der oszillierenden Kraft führt. In der gegenwärtig bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann die Arbeitsluftkammer mit zumindest einer externen Luftdruckquelle verbunden sein, um dadurch die periodische Veränderung des Luftdrucks in der Arbeitsluftkammer zu bewirken. Somit ist die vorliegende aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung in der Lage, die Größe der Schwingungskraft durch Verändern des Volumens der Arbeitsluftkammer einzustellen, auch in dem Fall, daß der Luftdruck der verwendeten externen Luftdruckquelle bspw. einen festen Wert hat. Alternativ ist die vorliegende aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung in der Lage, die oszillierende Kraft, die im wesentlichen konstant gehalten werden soll, aufrechtzuerhalten oder einzustellen, indem das Volumen der Arbeitsluftkammer verändert wird, auch in dem Fall, daß der Luftdruck der verwendeten Luftdruckquelle sich ändert. Die "periodische Veränderung" des Luftdrucks in der Arbeitsluftkammer bedeutet, daß der Luftdruck in der Luftkammer wiederholt zu- und abnimmt.

Volumen, Größe und Struktur der Arbeitsluftkammer sind nicht in besonderer Weise beschränkt, können aber in zweckmäßiger Weise im Hinblick auf erforderliche Schwingungsdämpfungseigenschaften, erforderliche Eigenschaften der oszillierenden Kraft, Eigenschaften der Luftdruckquelle usw. festgelegt werden. Das Volumen der Arbeitsluftkammer kann geregelt oder zwischen zwei oder mehr vorbestimmten Alternativwerten verändert werden, indem die Arbeitsluftkammer in zwei oder mehr Abschnitte unterteilt wird, die durch Verbindungseinrichtungen wie Ventile verbindbar sind, und indem eine geeignete Anzahl der Abschnitte miteinander verbunden werden, um der Arbeitsluftkammer ein gewünschtes Volumen zu geben. Alternativ kann das Volumen der Arbeitsluftkammer so geregelt werden, daß die Arbeitsluftkammer teilweise durch eine bewegbare Platte gebildet ist, die verlagert wird, um das Volumen der Arbeitsluftkammer zwischen zwei oder mehreren Niveaus oder kontinuierlich zu verändern. Die periodische Veränderung des Luftdrucks in der Luftkammer kann zwischen dem Atmosphären- bzw. Umgebungsdruck und einem Unter- oder Überdruck oder aber zwischen dem Umgebungsdruck und den Unter- und Überdrücken herbeigeführt

werden. Vorzugsweise wird die periodische Veränderung des Luftdrucks in der Luftdruckkammer durch abwechselndes Verbinden und Lösen der Luftkammer mit dem und von dem Umgebungs- und Unterdruck mittels eines Umschaltventils oder ähnliches herbeigeführt, wodurch abwechselnd der Umgebungsdruck und der Unterdruck an die Arbeitsluftkammer angelegt wird.

In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfaßt der Volumenregler ein Betätigungsglied, das auf der Grundlage eines in dieses eingegebenen Antriebssignals betrieben wird, um das Volumen der Arbeitsluftkammer zu verändern. In dieser bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das geeignete Antriebssignal verwendet, so daß eine automatische Regelung oder Einstellung des Volumens der Arbeitsluftkammer möglich ist. Vorzugsweise kann das Antriebssignal aus einem geeigneten Signal bestehen, dessen Größe derjenigen der zu dämpfenden Schwingung und/oder derjenigen der periodischen Veränderung des an die Arbeitsluftkammer angelegten Luftdrucks entspricht, so daß die aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung nach der gegenwärtig bevorzugten Ausführungsform der Erfindung in der Lage ist, eine gewünschte aktive Schwingungsdämpfungswirkung mit großer Stabilität bereitzustellen, wobei die darin erzeugte oszillierende Kraft automatisch geregelt wird. In dieser Hinsicht kann das Antriebssignal ein elektrisches Signal, ein Drucksignal wie bspw. ein Luftdrucksignal oder ein Hydraulikdrucksignal oder ähnliches sein.

Andererseits kann das Betätigungsglied unter zahlreichen Bauarten von herkömmlichen Betätigungsgliedern ausgewählt werden, wobei der spezielle Aufbau des Druckreglers zu berücksichtigen ist. Beispielsweise kann das Betätigungsglied ein elektrisch betriebenes Betätigungsglied sein, bspw. ein Motor oder Solenoid, oder es kann aus einem Zylindermechanismus bestehen, bspw. einem Pneumatikzylinder oder einem Hydraulikzylinder. Wenn eine aus zwei oder mehr Abschnitten bestehende Arbeitsluftkammer in der aktiven Schwingungsdämpfungsvorrichtung verwendet wird, wird das vorstehend angegebene Betätigungsglied auf der Grundlage des Antriebssignals betrieben, so daß das Schaltventil dahingehend betätigt wird, eine Verbindung mit den Abschnitten der Arbeitsluftkammer herzustellen und zu lösen, oder so, um die Verlagerung des bewegbaren Teils herbeizuführen, das die Arbeitsluftkammer teilweise bildet, was zu einer effektiven Einstellung des Volumens der Arbeitsluftkammer führt.

In der vorstehend genannten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird das Betätigungsglied vorzugsweise auf der Grundlage des Antriebssignals betrieben, das aus dem Luftdruck in der Luftkammer besteht, so daß das Volumen der Luftkammer entsprechend dem Luftdruck in der Arbeitsluftkammer verändert wird.

Die pneumatisch betätigte aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung nach dieser bevorzugten Ausführungsform der Erfindung verwendet den Luftdruck in der Arbeitsluftkammer als das an das Betätigungsglied angelegte Antriebssteuerungssignal, wodurch die Notwendigkeit einer Erfassungs- und Übertragungseinrichtung zum Erfassen eines Signals, das der zu dämpfenden Schwingung entspricht, entfällt, was zu einem einfachen Aufbau des Steuerungssystems der Vorrichtung führt. Insbesondere ist die vorliegende Schwingungsdämpfungsvorrichtung sehr von Vorteil in einem Fall, in dem die Größe bzw. Amplitude der zu dämpfenden Schwingung im wesentlichen der des Luftdrucks entspricht, der von der speziellen Luftquelle auf die Luftkammer aufgebracht wird.

Das pneumatisch betriebene Betätigungsglied kann vorzugsweise umfassen: eine bewegbare Platte, die teilweise

auf einer von ihren gegenüberliegenden Oberflächen die Arbeitsluftkammer bildet und in einer vorbestimmten Richtung verlagerbar ist; eine Vorspanneinrichtung, die dazu bestimmt ist, die bewegbare Platte zum Inneren der Arbeitsluftkammer in der vorbestimmten Richtung vorzuspannen; und eine Antriebsluftkammer, die teilweise durch die andere Seite des bewegbaren Teils gebildet ist, und die von der Arbeitsluftkammer entfernt angeordnet ist, auf die der gleiche Unterdruck wie auf die Arbeitsluftkammer angelegt wird. In dem pneumatisch betriebenen Betätigungsglied, das wie vorstehend beschrieben aufgebaut ist, wird die Position der bewegbaren Platte, d. h. das Volumen der Arbeitsluftkammer, auf der Grundlage eines Gleichgewichts zwischen der Vorspannkraft der Vorspanneinrichtung und einer Saugkraft des Unterdrucks in der Antriebsluftkammer bestimmt. Das bedeutet, daß die Position des bewegbaren Teils, d. h. das Volumen der Arbeitsluftkammer, sich entsprechend der Größe des Unterdrucks, der an die Arbeitsluftkammer angelegt ist, verändert. Das Volumen der Arbeitsluftkammer wird vergrößert oder verkleinert, wenn die Größe des Unterdrucks vergrößert oder verkleinert wird, und demgemäß wird die bewegbare Platte zu der Arbeitsluftkammer und davon weg in der vorbestimmten Richtung bewegt. Dieses pneumatisch betriebene Betätigungsglied ist so angeordnet, daß die bewegbare Platte alternativ in zwei Betriebsstellungen gebracht wird, nämlich eine "zurückgezogene Stellung" zum Vergrößern des Volumens der Arbeitsluftkammer und eine "vorgespannte" Position zum Verkleinern des Volumens der Arbeitsluftkammer. In dieser Hinsicht ist die Vorspannkraft der Vorspanneinrichtung in geeigneter Weise eingestellt, so daß die bewegbare Platte wirksam und stabil in ihrer "zurückgezogenen Stellung" gehalten wird, wenn der Wert des an die Arbeitsluftkammer angelegten Unterdrucks einen vorbestimmten Schwellenwert überschreitet, z. B. einen signifikant hohen Wert innerhalb des vorbestimmten Bereichs des Wertes des Unterdrucks. Das bedeutet, daß das Volumen der Arbeitsluftkammer groß gemacht wird in dem Fall, daß der an die Arbeitsluftkammer angelegte Unterdruck relativ hoch ist, wodurch die zwischen dem ersten und zweiten Befestigungsteil aufgebrachte oszillierende Kraft im wesentlichen konstant gehalten wird, auch wenn der an die Arbeitsluftkammer angelegte Unterdruck in unerwünschter Weise ansteigt.

Vorzugsweise entspricht das Antriebssignal einer zu dämpfenden Schwingung, und der Volumenregler wird auf der Grundlage des Antriebssignals so betätigt, daß sich das Volumen der Arbeitsluftkammer ändert, so daß es sich mit dem Antriebssignal synchronisiert. In der pneumatisch betriebenen aktiven Schwingungsdämpfungsvorrichtung, die wie vorstehend beschrieben aufgebaut ist, kann das Volumen der Arbeitsluftkammer entsprechend der Größe der zu dämpfenden Schwingung verändert werden, so daß das Volumen der Arbeitsluftkammer groß gemacht wird, um die Schwingung zu dämpfen, deren Größe relativ klein ist, während es klein gemacht wird, um die Schwingung zu dämpfen, deren Größe relativ groß ist. Das Antriebssignal, das einer zu dämpfenden Schwingung entspricht, ist nicht in besonderer Weise begrenzt, kann aber vorzugsweise ein Signal sein, das eine Drehfrequenz eines Motors angibt, ein Beschleunigungssignal, ein Raddrehzahlsignal, ein Raddrehzahl-Beschleunigungssignal, ein Signal, das das Öffnungsmaß eines Drosselventils des Motors angibt, ein Bremsignal, ein Signal, das die gerade gewählte Stellung des Schalthebels angibt, wenn die vorliegende pneumatisch betriebene aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung z. B. auf eine Motorbefestigung angewendet wird.

Insbesondere wird die pneumatisch betriebene aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung, die entsprechend der

vorstehend beschriebenen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung aufgebaut ist, in geeigneter Weise zur Dämpfung der Schwingung des Fahrzeugs verwendet, in dem eine Verbrennungskraftmaschine vom Direkteinspritzungstyp eingebaut ist, die zwei Betriebsarten aufweist, von denen die eine als die "stöchiometrische" Betriebsart bezeichnet wird, und bei der die Verbrennung unter Verwendung einer Brennstoff-Luft-Mischung ausgeführt wird, und von denen die andere eine sogenannte "Direkteinspritzungs"-Betriebsart ist, bei der die Verbrennung dadurch ausgeführt wird, daß der Brennstoff direkt zu einem späteren Stadium eines Luftverdichtungszyklus in eine Brennkammer eingespritzt wird. Insbesondere ist die zu dämpfende Schwingung relativ groß, wenn sich die Verbrennungskraftmaschine in der Direkteinspritzungs-Betriebsart befindet, wobei der Unterdruck einer Unterdruckquelle des Motoreinlaßbereichs klein ist (in der Nähe des Umgebungsdrucks). Auf der anderen Seite ist die zu dämpfende Schwingung relativ klein, wenn sich die Verbrennungskraftmaschine in der stöchiometrischen Betriebsart befindet, wobei der Unterdruck der Unterdruckquelle des Motoreinlaßbereichs groß gemacht wird. In diesem Fall wird vorzugsweise ein Signal, das den Wechsel zwischen der stöchiometrischen Betriebsart und der Direkteinspritzungs-Betriebsart anzeigt, als das Antriebssignal, das der zu dämpfenden Schwingung entspricht, verwendet, so daß das Volumen der Arbeitsluftkammer so gesteuert wird, daß es sich so verändert, daß das Volumen der Arbeitsluftkammer vergrößert wird, wenn sich die Verbrennungskraftmaschine in der stöchiometrischen Betriebsart befindet, während es verkleinert wird, wenn sich die Verbrennungskraftmaschine in der Direkteinspritzungs-Betriebsart befindet, wodurch es möglich ist, daß eine gewünschte Schwingungsdämpfungswirkung der vorliegenden Schwingungsdämpfungswirkung erzielt wird.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfaßt die aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung weiterhin ein Luftleitungssystem, das mit der Arbeitsluftkammer verbunden ist, so daß die periodische Veränderung des Luftdrucks an die Arbeitsluftkammer angelegt wird.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfaßt die Arbeitsluftkammer: eine oszillierende Luftkammer, die dazu bestimmt ist, die oszillierende Kraft zwischen dem ersten und zweiten Befestigungsteil aufzubringen; und eine volumenregulierende Luftkammer mit einem variablen Volumen, die mit der oszillierenden Luftkammer über einen Verbindungsdurchgang in Verbindung steht. In der gegenwärtig bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden funktionelle Anforderungen der Arbeitsluftkammer effektiv zwischen der oszillierenden Luftkammer und der volumenregulierenden Luftkammer aufgeteilt, so daß die oszillierende Luftkammer dazu bestimmt ist, die oszillierende Kraft zwischen dem ersten und zweiten Befestigungsteil aufzubringen, und die volumenregulierende Luftkammer dazu bestimmt ist, das Volumen der Arbeitsluftkammer zu regulieren. Weiterhin kann die volumenregulierende Luftkammer so ausgebildet sein, daß sie unabhängig von der oszillierenden Luftkammer der Schwingungsdämpfungsvorrichtung ist, was zu einer Verankerung der Abmessung der Schwingungsdämpfungsvorrichtung und zu einem größeren Freiheitsgrad bei der Bestimmung einer Einbauposition für die Vorrichtung führt.

In der vorstehend beschriebenen bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die volumenregulierende Luftkammer mit einem Abschnitt des Luftleitungssystems verbunden. Die pneumatisch betriebene aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung, die gemäß dieser bevorzugten Ausführungsform der Erfindung aufgebaut ist,

weist eine druckregulierende Kammer auf, die unabhängig von der mit dem ersten und zweiten Befestigungsteil versehenen Schwingungsdämpfungsvorrichtung ist, so daß die volumenregulierende Luftkammer an einem Abschnitt des Luftleitungssystems eingebaut werden kann, der sich entfernt von dem Teil des Fahrzeugs befindet, an dem die Schwingungsdämpfungseinheit eingebaut ist. Somit kann die pneumatisch betriebene aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung so an dem Fahrzeug angebracht bzw. eingebaut werden, daß der Raum für den Einbau möglichst günstig genutzt wird.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfaßt die aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung weiterhin eine druckschwankungsvermindernde Einrichtung, die in einem Abschnitt des Luftleitungssystems angeordnet ist, um höhere harmonische Anteile der periodischen Veränderung des Luftdrucks zu reduzieren. Vorzugsweise umfaßt die volumenregulierende Luftkammer die druckschwankungsvermindernde Einrichtung, bspw. einen Dämpfer, um die Größe der Veränderung bzw. Schwankung des Luftdrucks in der Luftkammer zu verringern. In dieser bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die volumenregulierende Luftkammer in Form eines Dämpfers in der Lage, höhere harmonische Anteile oder einen hoch- bzw. höherfrequenten Anteil der periodischen Veränderung des Luftdrucks, der an die Arbeitsluftkammer angelegt wird, durch Resonanz zu reduzieren, was zu einer verbesserten Genauigkeit der Steuerung der oszillierenden Kraft führt, die zwischen dem ersten und zweiten Befestigungsteil wirkt, was eine verbesserte Schwingungsdämpfungswirkung ermöglicht.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfaßt die pneumatisch betriebene aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung weiterhin eine Fluidkammer, die mit einem inkompressiblen Fluid gefüllt ist und teilweise durch den elastischen Körper gebildet wird, wobei ein bewegbares Teil teilweise die Fluidkammer auf einer von deren gegenüberliegenden Seiten bildet und die Arbeitsluftkammer auf der anderen Seite davon, die sich entfernt von der Fluidkammer befindet, wobei das bewegbare Teil durch die periodische Veränderung des Luftdrucks in der Arbeitsluftkammer oszilliert wird, so daß eine Druckveränderung des Fluids in der Fluidkammer induziert wird, um die oszillierende Kraft zwischen dem ersten und zweiten Befestigungsteil zu erzeugen.

In dieser Anordnung wird eine periodische Veränderung des Luftdrucks in der Arbeitsluftkammer zwischen dem ersten und zweiten Befestigungsteil über eine Druckveränderung in der Fluidkammer übertragen. Diese Anordnung ermöglicht eine wirksame Erzeugung der oszillierenden Kraft, die zwischen dem ersten und zweiten Befestigungsteil wirkt, auf der Grundlage der Strömung des Fluids innerhalb der Fluidkammer, was zu einer verbesserten Schwingungsdämpfungswirkung führt.

Entsprechend einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfaßt die pneumatisch betriebene aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung weiterhin eine Gleichgewichtskammer, die teilweise durch eine flexible Membran gebildet wird und mit dem inkompressiblen Fluid gefüllt ist, wobei ein eine Öffnung festlegendes Element zum Festlegen eines Öffnungsdurchlasses zur Fluidverbindung zwischen der Gleichgewichtskammer und der Fluidkammer vorhanden ist. In dieser bevorzugten Ausführungsform der aktiven Schwingungsdämpfungsvorrichtung muß das Fluid zwangsweise von der Fluidkammer in die Gleichgewichtskammer strömen, wenn eine anfängliche statische Last beim Einbau der Dämpfungsvorrichtung auf den elastischen Körper wirkt. Demgemäß wird das Volumen

der Gleichgewichtskammer vergrößert, was einen Anstieg des Fluiddrucks in der Fluidkammer aufgrund der anfänglichen statischen Last verhindert und dazu führt, daß eine gewünschte Schwingungsdämpfungswirkung mit großer Stabilität erzielt wird. Zusätzlich kann die Schwingungsdämpfungsvorrichtung eine passive Schwingungsdämpfungswirkung erzielen, indem die Resonanz des Fluids genutzt wird, das durch den Öffnungsdurchlaß strömt, der auf ein gewünschtes Frequenzband in geeigneter Weise eingestellt ist.

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung von Ausführungsformen der Erfindung, wobei auf eine Zeichnung Bezug genommen wird, in der

Fig. 1 eine Seitenansicht im axialen Querschnitt einer pneumatisch betriebenen aktiven Schwingungsdämpfungsvorrichtung in Form einer Motorbefestigung eines Kraftfahrzeugs ist, die entsprechend einer Ausführungsform dieser Erfindung aufgebaut ist, zusammen mit einer für die Vorrichtung verwendeten Vakuumquelle;

Fig. 2 eine Seitenansicht im axialen Querschnitt der Motorbefestigung nach Fig. 1 zeigt, wobei ein anderer, gegenüber Fig. 1 unterschiedlicher Betriebsmodus der Motorbefestigung dargestellt ist;

Fig. 3 eine graphische Darstellung ist, die eine Beziehung zwischen einer in der Motorbefestigung nach Fig. 1 erzeugten oszillierenden Kraft und einer Frequenz einer periodischen Veränderung eines an die Motorbefestigung angelegten Luftdrucks zeigt, im Vergleich mit einer Beziehung eines Vergleichsbeispiels;

Fig. 4 eine Seitenansicht im axialen Querschnitt einer pneumatisch betriebenen aktiven Schwingungsdämpfungsvorrichtung in Form einer Motorbefestigung zeigt, die entsprechend einer zweiten Ausführungsform der Erfindung aufgebaut ist;

Fig. 5 eine Seitenansicht im axialen Querschnitt einer pneumatisch betriebenen aktiven Schwingungsdämpfungsvorrichtung in Form einer Motorbefestigung zeigt, die entsprechend einer dritten Ausführungsform der Erfindung aufgebaut ist;

Fig. 6 eine Seitenansicht im axialen Querschnitt eines Teils einer pneumatisch betriebenen aktiven Schwingungsdämpfungsvorrichtung zeigt, die entsprechend einer vierten Ausführungsform der Erfindung aufgebaut ist; und

Fig. 7 eine Seitenansicht im axialen Querschnitt eines Teils einer pneumatisch betriebenen aktiven Schwingungsdämpfungsvorrichtung zeigt, die entsprechend einer fünften Ausführungsform der Erfindung aufgebaut ist.

Zunächst sei auf Fig. 1 Bezug genommen, in der eine pneumatisch betriebene aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung dargestellt ist, die entsprechend einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aufgebaut ist und eine Motorbefestigung 11 und ein für die Motorbefestigung 11 verwendetes Antriebssystem umfaßt. Es sei darauf verwiesen, daß Fig. 1 eine von zwei Betriebsarten der Motorbefestigung 11 zeigt. Die Motorbefestigung 11 beinhaltet ein erstes Befestigungsteil 13 und ein zweites Befestigungsteil 15, die aus metallischen Werkstoffen bestehen und elastisch durch einen elastischen Körper 17 miteinander verbunden sind, so daß das erste Befestigungsteil 13 um einen geeigneten Abstand in einer vertikalen Richtung von dem zweiten Befestigungsteil 15 beabstandet ist, wie aus Fig. 1 hervorgeht. Das Antriebssystem umfaßt andererseits ein Luftleitungssystem, das die Motorbefestigung 11 mit einer Vakuumquelle 19 und der Atmosphäre verbindet. Wenn die dargestellte Motorbefestigung 11 in das Fahrzeug eingebaut ist, ist das erste Befestigungsteil 13 mit der Antriebseinheit des Fahrzeugs fest verbunden, die einen Motor beinhaltet, während das zweite Befestigungsteil 15 mit dem Fahrzeug-

grundkörper verbunden ist, so daß die Antriebseinheit über die Motorbefestigung 11 an dem Fahrzeuggrundkörper befestigt ist. In diesem Zustand wird die Motorbefestigung 11 abwechselnd mit der Vakuumquelle 19 und der Atmosphäre verbunden, so daß eine oszillierende Kraft erzeugt wird und zwischen dem ersten und zweiten Befestigungsteil 13, 15 aufgebracht wird, so daß die Motorbefestigung 11 in der Lage ist, die zu dämpfende Schwingung durch Eliminieren des Schwingungseintrags durch die oszillierende Kraft zu eliminieren oder zu reduzieren, oder in der Lage ist, Federeigenschaften davon entsprechend dem Schwingungseintrag aktiv einzustellen, so daß vergrößerte Schwingungsdämpfungseigenschaften erzielt werden.

Wenn die Motorbefestigung 11 in das Fahrzeug eingebaut ist, wirkt das Gewicht der Antriebseinheit auf den elastischen Körper 17 als eine statische Belastung, so daß der elastische Körper 17 in der vertikalen Richtung elastisch zusammengedrückt wird, und die ersten und zweiten Befestigungsteile 13, 15 werden um einen gegebenen Abstand zueinander verlagert. In diesem Zustand wirkt eine zu dämpfende primäre Schwingungsbelastung auf die Motorbefestigung 11 in der vertikalen Richtung, in der die ersten und zweiten Befestigungsteile einander gegenüberstehen.

Mehr im einzelnen beschrieben, ist das erste Befestigungsteil 13 eine hohle Struktur, die aus einem oberen Teil 21 und einem unteren Teil 23 besteht, welches beide im wesentlichen schalenförmige metallische Teile sind, die jeweils an ihrem offenen Ende einen sich radial nach außen erstreckenden Flansch aufweisen. Die oberen und unteren Teile 21, 23 sind an ihren Flanschen aneinandergesetzt und miteinander verschraubt, so daß ein Innenraum gebildet wird. Eine Befestigungsschraube 25 erstreckt sich von der Bodenwand des oberen Teils nach oben. Das erste Befestigungsteil 13 ist an seiner Befestigungsschraube 25 mit der nicht dargestellten Antriebseinheit des Fahrzeugs fest verbunden.

Innerhalb des Innenraums des ersten Befestigungsteils 13 ist eine becherförmige, flexible Membran 27 angeordnet, die aus einem relativ dünnen, leicht verlagerbaren oder verformbaren Film besteht. Die flexible Membran 27 wird an ihrem Randbereich durch die und zwischen den aneinanderstoßenden Flanschen der oberen und unteren Teile 21, 23 erfaßt. Der Innenraum des ersten Befestigungsteils 13 wird durch die flexible Membran 27 fluiddicht in zwei Abschnitte auf den gegenüberliegenden Seiten der flexiblen Membran 27 unterteilt. Insbesondere wirkt die flexible Membran 27 mit dem unteren Teil 23 zusammen, um eine Gleichgewichtskammer 29 zu bilden, die mit einem inkompressiblen Fluid gefüllt ist und deren Volumen leicht veränderbar ist, während sie durch Zusammenwirken mit der oberen Kammer 21 eine Luftkammer 31 bildet, die mit der Atmosphäre in Verbindung steht und der flexiblen Membran 27 ermöglicht, verlagert zu werden. Das inkompressible Fluid kann Wasser, Alkylenglycol, Polyalkylenglycol, Silikonöl oder ähnliches sein. Um eine gute Schwingungsdämpfungswirkung der Motorbefestigung 11 basierend auf einer Strömung des inkompressiblen Fluids zu gewährleisten, weist das inkompressible Fluid zweckmäßigerweise eine Viskosität auf, die nicht größer als $0,1 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ ist.

Das erste Befestigungsteil 13 nimmt ferner ein Öffnungsteil 33 auf, das die Form einer kreisförmigen Scheibe hat, die auf die Bodenwand des unteren Teils 23 aufgesetzt ist und damit verschraubt ist. Das Öffnungsteil 33 wirkt mit dem unteren Teil 23 zusammen, um einen Öffnungsdurchgang 35 zu bilden, der als eine Öffnung dient. Der Öffnungsdurchgang 35 ist so ausgebildet, daß er sich in der Umfangsrichtung des scheibenförmigen Öffnungsteils 33 über eine Umfangslänge erstreckt, die einem Winkel entspricht, der

etwas kleiner als 360° ist. Der Öffnungsdurchgang 35 steht mit seinem einen Ende mit der Gleichgewichtskammer 29 in Verbindung und ist am anderen Ende in der Unterseite der Bodenwand der unteren Kammer 23 offen.

Andererseits umfaßt das zweite Befestigungsteil 15 ein Bodenteil 37, ein Stützteil 39 und einen Anschlußring 41, wobei diese Teile in der Reihenfolge der Beschreibung in vertikaler Richtung übereinander angeordnet und miteinander verschraubt sind. Das Bodenteil 37 ist ein im wesentlichen zylindrisches metallisches Teil und weist ein mittleres Loch 38 auf, das in seine obere Endfläche mündet. Ein Abtrennteil 45, das scheibenförmig ausgebildet ist, ist in das mittlere Loch 38 eingepreßt, so daß es die Öffnung des mittleren Lochs 38 fluiddicht verschließt. Somit wirken das mittlere Loch 38 und das Abtrennteil 45 miteinander zusammen, um einen Innenraum 43 zu bilden, der fluiddicht innerhalb des Bodenteils 37 umschlossen ist.

Innerhalb des Innenraums 43 ist eine dünne verformbare Gummiplatte 47 angeordnet, die scheibenförmig ausgebildet ist und aus einem relativ dünnen, verlagerbaren Gummi-film besteht. Die Gummiplatte 47 weist einen Flanschabschnitt 49 auf, der an ihrem äußeren Randabschnitt mit einer relativ großen Dicke einteilig damit ausgebildet ist. Die Gummiplatte 47 ist an dem Flanschabschnitt 49 durch das Bodenteil 37 und das Abtrennteil 45 und zwischen diesen Teilen erfaßt. Der Innenraum 43 des Bodenteils 37 ist durch die Gummiplatte 47 in zwei Abschnitte auf den gegenüberliegenden Seiten der Gummiplatte 47 fluiddicht unterteilt. Die Gummiplatte 47 ist zu dem Bodenteil 37 und dem Abtrennteil 45 und davon weg elastisch verformbar.

Mehr im einzelnen beschrieben, wirkt die Gummiplatte 47 mit dem Bodenteil 37 zusammen, um eine Schaltluftkammer 51 als eine Antriebsluftkammer zu bilden, an die ein Unterdruck angelegt wird, was eine Verlagerung der Gummiplatte 47 zur Folge hat. Somit wirkt die Schaltluftkammer 51 als ein pneumatisch betriebenes Betätigungsglied, das dafür bestimmt ist, eine Verlagerung der Gummiplatte 47 zu erzeugen. Die Gummiplatte 47 wirkt ferner mit dem Abtrennteil 45 zusammen, um eine volumenregulierende Luftkammer 53 zu bilden, deren Volumen veränderlich ist und von der Größe der Verlagerung der Gummiplatte 47 abhängt. Es sei darauf verwiesen, daß die volumenregulierende Luftkammer 53 als ein Volumenregler wirkt. Die Schaltluftkammer 51 nimmt eine Spiralfeder 55 auf, die zwischen der Gummiplatte 47 und dem Bodenteil 37 angeordnet ist. Die Spiralfeder 55 spannt die Gummiplatte 47 in der von der Bodenwand des Bodenteils 38 wegweisenden Richtung aufgrund der Federkraft der Spiralfeder 55 vor, so daß die Gummiplatte 47 mit einer gewissen Kraft zwangsweise gegen die Bodenfläche des Abtrennteils 45 angelegt wird. In diesem Zusammenhang sind das Material und die Dicke der Gummiplatte 47 so festgelegt, daß eine gewünschte Federhärte der Gummiplatte 47 erzielt wird, so daß die Federkraft der Spiralfeder 55 gleichmäßig auf die gesamte Fläche der Gummiplatte 47 verteilt wird, wodurch eine teilweise oder unregelmäßige Verformung der flexiblen Membran 47 verhindert wird.

Das Stützteil 39 ist ein ringförmiges zylindrisches Teil mit einer relativ großen Dicke und weist eine mittlere Öffnung 57 auf, die sich in der axialen Richtung durch das Teil hindurch erstreckt. In einem in Axialrichtung zwischenliegenden bzw. mittleren Abschnitt der mittleren Öffnung 57 des Stützteils 39 ist eine als ringförmige Platte ausgebildete oszillierende Platte 59 angeordnet, die einen Durchmesser aufweist, der wesentlich kleiner ist als der der mittleren Öffnung 57. Die oszillierende Platte 59 besteht aus einem harten Material wie Metall oder Kunstharz und wird durch einen ringförmigen elastischen Träger 61 abgestützt, der an

seinen inneren und äußeren Umfangsflächen mit der äußeren Umfangsfläche der oszillierenden Platte 59 bzw. der inneren Umfangsfläche der mittleren Öffnung 57 verbunden ist, und zwar im Laufe des Vorgangs der Vulkanisierung eines Gummimaterials, um den elastischen Träger 61 herzustellen. Somit ist die oszillierende Platte 59 über das Stützteil 39 durch den elastischen Träger 61 abgestützt, so daß die oszillierende Platte 59 durch den elastischen Träger 61 in ihrer Ausgangs- oder neutralen Stellung gehalten wird, in der der elastische Träger 61 im wesentlichen keine innere Verformung aufweist, und so, daß die elastische Verformung des elastischen Trägers 61 der oszillierenden Platte 59 ermöglicht, in der vertikalen Richtung verlagert und oszilliert zu werden.

Weiterhin ist die Öffnung des mittleren Lochs 57 des Stützteils 39 durch die oszillierende Platte 59 und den elastischen Träger 61 fluiddicht abgeschlossen. Die oszillierende Platte 59 und der elastische Träger 61 wirken mit dem Abtrennteil 45 zusammen, um die fluiddicht umschlossene Luftkammer 63 zu bilden. In dem Abtrennteil 45 ist ein Verbindungsdurchgang 65 ausgebildet, der in der axialen Richtung durch das Abtrennteil 45 hindurchgeht, was eine Verbindung zwischen der Luftkammer 63 und der volumenregulierenden Luftkammer 53 durch den Verbindungsdurchgang 65 ermöglicht. Somit wirken die Luftkammer 63 und die regulierende Luftkammer 53 miteinander zusammen, um eine Arbeitsluftkammer 66 zu bilden.

Das zweite Befestigungsteil 15 weist einen ersten Luftdurchgang 67 und einen zweiten Luftdurchgang 71 auf, die beide so ausgebildet sind, daß sie sich in der radialen Richtung erstrecken. Der erste Luftdurchgang 67 mündet mit einem seiner beiden Endabschnitte in die innere Umfangsfläche des Verbindungsdurchgangs 65 und mit dem anderen Endabschnitt in die äußere Umfangsfläche des Bodenteils 37, an dem ein Anschluß 69 einteilig ausgebildet ist, der sich radial von der äußeren Umfangsfläche des Bodenteils 37 nach außen erstreckt. Das bedeutet, daß eine periodische Veränderung des Luftdrucks, der von der Atmosphäre und von der Unterdruckquelle 19 aufgebracht wird, durch den ersten Luftdurchgang 67 an die Arbeitsluftkammer 66 angelegt werden kann, die durch das Zusammenwirken der oszillierenden Luftkammer 63 und der volumenregulierenden Luftkammer 53 gebildet wird.

Andererseits mündet der zweite Luftdurchgang 71 an einem seiner gegenüberliegenden Endabschnitte in die Schallluftkammer 51 und an dem anderen Endabschnitt in die äußere Umfangsfläche des Bodenteils 37, an dem ein Anschluß 73 einteilig ausgebildet ist, der sich radial von der äußeren Umfangsfläche des Bodenteils 37 nach außen erstreckt. Das bedeutet, daß ein Unterdruck der Unterdruckquelle 19 durch den zweiten Luftdurchgang 71 an die Schallluftkammer 51 angelegt werden kann.

Der Anschlußring 41 ist ein ringförmiges zylindrisches Teil, das eine relativ große Dicke aufweist und aus einem metallischen Material besteht. Der Anschlußring 41 ist auf den äußeren Randbereich der oberen Stirnfläche des Stützteils 39 des zweiten Befestigungsteils 15 aufgesetzt und damit verschraubt.

Die in dieser Weise aufgebauten erster und zweiten Befestigungsteile 13, 15 sind um einen geeigneten Abstand in einer vertikalen Richtung voneinander beabstandet, so daß die äußere Umfangsfläche des unteren Teils 23 des ersten Befestigungsteils 13 und die innere Umfangsfläche des Anschlußbrings 41 des zweiten Befestigungsteils 15 einander in der Richtung gegenüberstehen, die in Bezug auf die vertikale Richtung um eine geeignete Gradzahl geneigt ist, so daß einander gegenüberstehende konisch zulaufende Flächen gebildet werden. Der elastische Körper 17 ist zwischen

den ersten und zweiten Befestigungsteilen 13, 15 angeordnet, in diese beiden Teile elastisch miteinander zu verbinden.

Der elastische Körper 16 ist ein relativ dickwandiges hohles kegelstumpfförmiges Teil, das einen oberen offenen Endabschnitt mit einem relativ kleinen Durchmesser und einen unteren offenen Endabschnitt mit einem relativ großen Durchmesser aufweist. Beim Vulkanisierungsvorgang eines Gummimaterials zum Herstellen des elastischen Körpers 17 wird der obere offene Endabschnitt des elastischen Körpers 17 an seiner inneren Umfangsfläche mit der konisch zulaufenden äußeren Umfangsfläche des unteren Teils 23 verbunden, während der obere offene Endabschnitt des elastischen Körpers 17 an seiner äußeren Umfangsfläche mit der konisch zulaufenden inneren Umfangsfläche des Anschlußbrings 41 verbunden wird. Auf diese Weise wird eine elastisch verbundene Zwischenbaugruppe gebildet, die aus dem ersten und zweiten Befestigungsteil 13, 15 und dem elastischen Körper 17 besteht. Um eine unregelmäßige Verformung des elastischen Körpers 17 und ein Ausbeulen zu verhindern, ist ein starrer Stützring 75 in einem in Axialrichtung mittleren Bereich des elastischen Körpers 17 praktisch vollständig eingebettet.

Wenn die ersten und zweiten Befestigungsteile 13, 15 durch den elastischen Körper 17 elastisch miteinander verbunden sind, sind die in Axialrichtung oberen und unteren offenen Endabschnitte des elastischen Körpers 17 fluiddicht durch das erste bzw. zweite Befestigungsteil 13, 15 abgeschlossen. Das bedeutet, daß die ersten und zweiten Befestigungsteile 13, 15 mit dem elastischen Körper 17 zusammenwirken, um eine druckaufnehmende Kammer 77 als eine Fluidkammer zu bilden, die teilweise durch den elastischen Körper 17 und die oszillierende Platte 59 gebildet wird und mit dem inkompressiblen, vorstehend beschriebenen Fluid gefüllt ist, ebenso wie die Gleichgewichtskammer 29. Die druckaufnehmende Kammer 70 steht mit der Gleichgewichtskammer 29 durch den Öffnungsdurchgang 35 in Verbindung. Beim Aufbringen einer Schwingungsbelastung zwischen dem ersten und zweiten Befestigungsteil 13, 15 verändert sich der Druck des Fluids in der druckaufnehmenden Kammer 77 aufgrund der elastischen Verformung des elastischen Körpers. Andererseits wird eine Veränderung des Fluiddrucks in der Gleichgewichtskammer 29 im wesentlichen durch eine elastische Verformung oder Verlagerung der flexiblen Membran 27 aufgenommen, was eine Veränderung des Volumens der Gleichgewichtskammer 29 zur Folge hat. Demgemäß tritt ein Unterschied zwischen dem Fluiddruck in den beiden Fluidkammern 29, 77 auf, wodurch das Fluid zwangsläufig zwischen den beiden Kammern 29, 77 durch den Öffnungsdurchgang 35 strömt. Wie in diesem Bereich der Technik bekannt ist, werden aufgebraute Schwingungen wie bspw. Stöße wirksam auf der Grundlage der Resonanz des durch den Öffnungsdurchgang 35 strömenden Fluids gedämpft. Die Schaffung der Gleichgewichtskammer ermöglicht die Strömung des Fluids zwischen der druckaufnehmenden Kammer 77 und der Gleichgewichtskammer 29 bei einer elastischen Verformung des elastischen Körpers 17 aufgrund des Gewichts der Antriebs-einheit, wodurch eine unerwünschte Druckveränderung der druckaufnehmenden Kammer eliminiert wird und eine wesentliche Veränderung der Federeigenschaften der Befestigung 11 aufgrund der Druckveränderung der druckaufnehmenden Kammer 77 verhindert wird.

Die wie beschrieben aufgebaute Motorbefestigung 11 ist in das Kraftfahrzeug eingebaut und mit dem Luftleitungssystem 79 verbunden, wie in Fig. 1 dargestellt ist. Insbesondere ist das Luftleitungssystem 79 mit den Anschlüssen 69 und 73 verbunden, die an dem Bodenteil 37 des zweiten Be-

festigungsteils 14 angeordnet sind, um die oszillierende Luftkammer 63 und die Schaltluftkammer 51 mit den vorbestimmten Luftdruckquellen zu verbinden. In der vorliegenden Ausführungsform werden beispielsweise die Unterdruckquelle 19 des Luftergangssystems der Verbrennungskraftmaschine des Fahrzeuges und die Atmosphäre genutzt, um zwei Arten von Luftdruckquellen mit unterschiedlichen Werten des Luftdrucks bereitzustellen. Insbesondere ist die in der vorliegenden Ausführungsform verwendete Verbrennungskraftmaschine vom sogenannten "Direkteinspritzungs"-Typ, der zwei Arten von Betriebsweisen besitzt, von denen eine die sogenannte "stöchiometrische" Betriebsart ist, bei der die Verbrennung durch Verwendung einer Brennstoff-Luft-Mischung erfolgt, und die andere eine sogenannte "Direkteinspritzungs"-Betriebsart ist, bei der die Verbrennung unter Verwendung der komprimierten Luft erfolgt, in die der Brennstoff direkt eingespritzt wird. Bei einem Kraftfahrzeug, das eine solche Verbrennungskraftmaschine verwendet, ist der Wert des Unterdrucks in der Vakuumquelle 19 und die Amplitude der zu dämpfenden Schwingung während der "stöchiometrischen" Betriebsart unterschiedlich von den Werten während der "Direkteinspritzungs"-Betriebsart bzw. Fahrweise.

Das Luftleitungssystem 79 beinhaltet eine erste Luftleitung 80, durch die die oszillierende Luftkammer 61 mit der Vakuumquelle 19 verbunden ist, und eine zweite Luftleitung 82, die von der ersten Luftleitung 80 abgezweigt ist und durch die die Schaltluftkammer 51 direkt mit der Vakuumquelle 19 verbunden ist. Die erste Luftleitung 80 ist mit einem ersten Schaltventil 81 versehen, das zwischen der oszillierenden Luftkammer 63 und der Vakuumquelle 19 angeordnet ist, so daß die oszillierende Luftkammer 63 abwechselnd mit der Vakuumquelle 19 und der Atmosphäre verbunden und davon getrennt ist. Das erste Schaltventil 81 kann ein solenoidbetätigtes Schaltventil mit einem elektromagnetischen Betätigungsglied 83 sein, das eine Schaltfähigkeit des ersten Schaltventils 81 mit einer hohen Geschwindigkeit entsprechend einem elektrischen Steuersignal ermöglicht, das durch einen Anschlußdraht 85 angelegt wird. Das elektrische Steuersignal weist einen hohen Korrelationsgrad mit der Frequenz und der Phase der zu dämpfenden Schwingung auf und kann vorzugsweise ein Signal sein, das durch einen Zündimpulssensor oder die anderen Sensoren zum Erfassen der zu dämpfenden Schwingung erzeugt wird.

Als nächstes sei auf Fig. 2 Bezug genommen, in der die anderen Betriebsarten der Motorbefestigung 11 erläutert sind, wenn sich die Verbrennungskraftmaschine in der "stöchiometrischen" Fahrweise befindet, in der der absolute Wert des Unterdrucks der Unterdruckquelle 19 relativ groß ist. Der relativ große Unterdruck wird an die Gummiplatte 47 angelegt, so daß die Gummiplatte 47 gegen die Vorspannkraft der Spiralfeder 55 in Richtung auf die Bodenfläche der mittleren Öffnung 38 des Bodenteils 43 angezogen bzw. zurückgezogen und mit einer gewissen Kraft darauf angelegt wird. In diesem Zustand ist die volumenregulierende Luftkammer 53 mit der oszillierenden Luftkammer 63 verbunden, so daß die Arbeitsluftkammer 66 so geformt ist, daß sie ihr maximales Volumen aufweist.

Wenn sich die Verbrennungskraftmaschine andererseits in der Direkteinspritzungs-Betriebsart befindet, ist der absolute Wert des Unterdrucks der Vakuumquelle 19 relativ gering (in der Nähe des Atmosphärendrucks). Es kann sein, daß die Gummiplatte 47 durch den darauf angelegten Unterdruck nicht angezogen bzw. zurückgezogen ist, so daß sie durch die Vorspannkraft der Spiralfeder 55 in ihrer Ausgangsstellung gehalten wird, nämlich so, daß sie mit einer gewissen Kraft gegen die untere Stirnfläche des Abtrennungsteils 45 durch die Spiralfeder 45 angedrückt oder angelegt wird, wie

in Fig. 1 dargestellt. In dem Betriebszustand nach Fig. 1 ist die Öffnung am unteren Endabschnitt des Verbindungsdurchlasses 65 durch die Gummiplatte 47 fluiddicht verschlossen, so daß die Arbeitsluftkammer 66 im wesentlichen nur aus der oszillierenden Luftkammer 63 besteht und ihr minimales Volumen annimmt.

Bei der Schwingungsdämpfungsvorrichtung, die entsprechend der vorliegenden Ausführungsform aufgebaut ist, kann das Volumen der Arbeitsluftkammer 66 durch das Volumen der volumenregulierenden Luftkammer 53 automatisch vergrößert und verkleinert werden, in Abhängigkeit von der gewählten Betriebsart der Verbrennungskraftmaschine, da die volumenregulierende Luftkammer 53 automatisch mit der oszillierenden Luftkammer 63 verbunden und davon getrennt wird, durch die automatische Verlagerung der Gummiplatte 47 aufgrund der Druckveränderung des Unterdrucks, der an der Gummiplatte 47 anliegt, mit anderen Worten aufgrund der Druckveränderung in der Unterdruckquelle 19 in Abhängigkeit von der gewählten Betriebsart bzw. Fahrweise der Verbrennungskraftmaschine.

Sowohl im Fall der stöchiometrischen als auch im Fall der Direkteinspritzungs-Betriebsart der Verbrennungskraftmaschine, wie vorstehend erläutert, wird eine periodische Veränderung des Luftdrucks in der Arbeitsluftkammer 66 erzeugt, die im wesentlichen aus der Schaltluftkammer 53 und der oszillierenden Kammer 63 in der stöchiometrischen Betriebsweise besteht, während sie lediglich aus der oszillierenden Luftkammer 63 in der Direkteinspritzungs-Betriebsart besteht. Die periodische Veränderung wird durch die Schaltfähigkeit des ersten Schaltventils 81 erzeugt, so daß abwechselnd ein Unterdruck und ein atmosphärischer Druck an die Arbeitsluftkammer 66 angelegt wird. Die oszillierende Platte 59, die teilweise die druckaufnehmende Kammer 77 bildet, wird durch die periodische Veränderung des Luftdrucks in der Arbeitsluftkammer 66 oszilliert, so daß sie in der vertikalen Richtung der Fig. 1 zum Inneren der druckaufnehmenden Kammer 77 und davon weg verlagert wird, so daß der Druck des Fluids in der druckaufnehmenden Kammer 77 periodisch verändert wird, entsprechend der Größe der Verlagerung der oszillierenden Platte 59. Demgemäß wird der Druck des Fluids in der druckaufnehmenden Kammer 77 periodisch verändert, so daß eine oszillierende Kraft zwischen dem ersten und zweiten Befestigungsteil 13, 15 erzeugt und übertragen wird, die die zu dämpfende Schwingung aktiv dämpft, indem die Schwingung mit der oszillierenden Kraft eliminiert wird, oder so, daß die Größe der Veränderung des Fluidrucks in der druckaufnehmenden Kammer 77 reduziert wird, wodurch die Federhärte der Motorbefestigung 11 aktiv reduziert wird, was dazu führt, daß eine ausreichend große schwingungsisolierende Wirkung auftritt. Es ist zweckmäßig, daß die Motorbefestigung 11 so ausgelegt ist, daß die aktiven schwingungsdämpfenden Wirkungen wie vorstehend beschrieben im Hinblick auf die Schwingung auftreten, deren Frequenzbereich wesentlich höher ist als der Frequenzbereich, auf den der Öffnungsdurchlaß 35 eingestellt ist. Diese Anordnung ermöglicht, daß die Schwingungsdämpfungsvorrichtung 11 der vorliegenden Erfindung eine gewünschte schwingungsdämpfende Wirkung zeigt, ohne daß die Strömung des Fluids, das durch den Öffnungsdurchgang 35 strömt, negativ beeinflusst wird.

Die Spiralfeder 55 kann so angeordnet sein, daß sie auf die Gummiplatte 47 eine vorbestimmte Vorspannkraft aufbringt, die kleiner ist als die Saugkraft des Unterdrucks der Vakuumquelle 19 während der stöchiometrischen Betriebsart der Verbrennungskraftmaschine, und die größer ist als die Saugkraft des Unterdrucks der Vakuumquelle 19 während der Direkteinspritzungs-Betriebsart der Verbrennungskraftmaschine. In diesem Zusammenhang kann die Vor-

spannkraft der Spiralfeder 55 und der Wert des Unterdrucks der Unterdruckquelle 19 so bestimmt werden, daß die elastischen Eigenschaften der Gummiplatte 47 berücksichtigt werden, so daß gewährleistet ist, daß die Gummiplatte 47 zwangsweise bzw. mit einer gewissen Kraft gegen die Unterseite des Abtrennungsteils 45 angelegt wird, wenn sich die Verbrennungskraftmaschine in der Direkteinspritzungs-Betriebsart befindet, und zwangsweise bzw. mit einer gewissen Kraft gegen die Unterseite der mittleren Öffnung 38 des Bodenteils 37 angelegt wird, wenn sich die Verbrennungskraftmaschine in der stöchiometrischen Betriebsart befindet, unabhängig von der periodischen Veränderung der Luftdrucks in der Arbeitsluftkammer 66, die durch die Schaltaktivität des ersten Schaltventils 81 erzeugt wird.

In der entsprechend der vorliegenden Ausführungsform aufgebauten Motorbefestigung 11 wird der Unterdruck, der an der Schallluftkammer 51 anliegt, in Abhängigkeit von der gewählten Betriebsart der Verbrennungskraftmaschine automatisch verändert, was die vorstehend erwähnte automatische volumetrische Veränderung der Arbeitsluftkammer 66 entsprechend der gewählten Betriebsart des Motors zur Folge hat. Das bedeutet, daß die Größe der oszillierenden Kraft, die zwischen dem ersten und zweiten Befestigungsteil 13, 15 erzeugt wird, automatisch verändert wird, in Abhängigkeit von der gewählten Betriebsart der Verbrennungskraftmaschine, aufgrund der Veränderung des Volumens der Arbeitsluftkammer 66 und der Veränderung des Wertes des Unterdrucks der Vakuumquelle 19.

In der Direkteinspritzungs-Betriebsart, wie sie in Fig. 1 dargestellt ist, ist die Arbeitsluftkammer 66 so angeordnet, daß sie ihr minimales Volumen besitzt, das im wesentlichen dem der oszillierenden Luftkammer 63 entspricht. Diese Anordnung ermöglicht eine effiziente Übertragung oder Anlegung des atmosphärischen und des Unterdrucks an die Arbeitsluftkammer 66, wenn die Arbeitsluftkammer 66 abwechselnd mit der Atmosphäre und der Unterdruckquelle verbunden wird, durch die Schaltaktivität des ersten Schaltventils 81, was die periodische Veränderung des Luftdrucks in der Arbeitsluftkammer 66 erzeugt, deren Amplitude relativ groß ist aufgrund des Druckunterschieds zwischen dem Unterdruck und dem Atmosphärendruck. Diese periodische Veränderung des Luftdrucks in der Arbeitsluftkammer wird wirkungsvoll zu der oszillierenden Platte 59 weitergeleitet, so daß die oszillierende Kraft erzeugt wird, deren Amplitude demgemäß relativ groß ist. Andererseits ist die Arbeitsluftkammer in der stöchiometrischen Betriebsweise, wie sie in Fig. 2 dargestellt ist, so angeordnet, daß sie ihr maximales Volumen besitzt, das im wesentlichen dem der oszillierenden Luftkammer 63 und der volumenregulierenden Luftkammer 53 entspricht. Diese Anordnung kann die Effizienz der Übertragung des atmosphärischen und des Unterdrucks an die Arbeitsluftkammer 66 vermindern, wenn die Arbeitsluftkammer 66 abwechselnd mit der Atmosphäre und der Vakuumquelle 19 verbunden wird. Das bedeutet, daß die Größe bzw. Amplitude der periodischen Veränderung des Luftdrucks in der Arbeitsluftkammer kleiner gemacht wird als die tatsächliche Druckdifferenz zwischen diesen beiden Luftdrücken, was zu einer Verminderung der Effizienz der Übertragung des atmosphärischen und des Unterdrucks an die oszillierende Platte 59 führt.

Es ist bekannt, daß der absolute Wert des Unterdrucks der Unterdruckquelle 19 vergrößert wird, wenn sich die Verbrennungskraftmaschine in der stöchiometrischen Betriebsweise befindet, während die zu dämpfende Schwingung, die erzeugt wird, relativ klein ist. In diesem Zustand wird das Volumen der Arbeitsluftkammer durch die nach unten gerichtete Verlagerung der Gummiplatte 47 maximal gemacht, da der an der Gummiplatte 47 anliegende Unterdruck größer

ist als die Vorspannkraft der Spiralfeder 55, wodurch eine unerwünschte Aufbringung der oszillierenden Kraft, deren Amplitude unnötig groß ist, vermieden wird. Wenn sich die Verbrennungskraftmaschine andererseits in der Direkteinspritzungs-Betriebsart befindet, wird der absolute Wert des Unterdrucks der Vakuumquelle 19 vermindert (in der Nähe des Atmosphärendrucks), während die zu dämpfende Schwingung, die erzeugt wird, relativ groß ist. In diesem Zustand wird das Volumen der Arbeitsluftkammer durch die nach oben gerichtete Verlagerung der Gummiplatte 47 minimal gemacht, da der an der Gummiplatte 47 anliegende Unterdruck kleiner ist als die Vorspannkraft der Spiralfeder 55. Aufgrund des verringerten Volumens der Arbeitsluftkammer 66 wird die periodische Veränderung des Luftdrucks in der Arbeitsluftkammer 66 effizient an die oszillierende Platte 59 weitergeleitet, so daß durch die Oszillation der oszillierenden Platte 59 eine wirkungsvoll vergrößerte oszillierende Kraft erzeugt wird. Daher ist die wie vorstehend beschrieben aufgebaute Motorbefestigung 11 in der Lage, eine gewünschte schwingungsdämpfende Wirkung in Abhängigkeit vom Zustand des Motors oder dem Fahr- bzw. Betriebszustand des Fahrzeugs bereitzustellen.

Die Motorbefestigung 11 wurde in Betrieb genommen und die während der stöchiometrischen und Direkteinspritzungs-Betriebsarten tatsächlich erzeugten oszillierenden Kräfte wurden im Hinblick auf die Oszillationsfrequenz der oszillierenden Platte 59 gemessen. Die Messung ist in der graphischen Darstellung nach Fig. 3 angegeben, in der "Hoher Unterdruck" die Messung in der stöchiometrischen Betriebsart angibt, während "Niedriger Unterdruck" die Messung der Direkteinspritzungs-Betriebsart angibt. Die graphische Darstellung nach Fig. 3 zeigt, daß die Motorbefestigung 11 nach der vorliegenden Ausführungsform in der Lage ist, die oszillierende Kraft während der stöchiometrischen Betriebsart auf das gewünschte Niveau zu reduzieren, wobei der Unterdruck der Vakuumquelle 19 relativ groß ist. Die Motorbefestigung 11 wurde auch betrieben, während der zweite Luftdurchlaß 71 geschlossen war, um eine aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung herkömmlicher Bauart zu bilden, in der das Volumen der Arbeitsluftkammer 66 konstant ist. Die tatsächlichen Schwingungsdämpfungswirkungen während der stöchiometrischen und der Direkteinspritzungs-Betriebsart wurden im Hinblick auf die Oszillationsfrequenz der oszillierenden Platte 59 gemessen. Die Messungen sind ebenfalls in der graphischen Darstellung nach Fig. 3 angegeben. Wie sich aus der Messung der aktiven Schwingungsdämpfungsvorrichtung herkömmlicher Bauart ergibt, ist die Motorbefestigung 11 der vorliegenden Ausführungsform in der Lage, eine gewünschte schwingungsdämpfende Wirkung in Abhängigkeit von den gewählten Betriebsarten der Verbrennungskraftmaschine bereitzustellen, mit anderen Worten, in Abhängigkeit vom absoluten Wert des Unterdrucks der Unterdruckquelle 19, während sich die schwingungsdämpfende Wirkung der herkömmlichen Dämpfungsvorrichtung verschlechtern kann, wenn der absolute Wert des Unterdrucks der Unterdruckquelle 19 relativ groß ist.

Bei der Motorbefestigung 11, die nach der vorliegenden Ausführungsform aufgebaut ist, ist die volumenregulierende Luftkammer innerhalb der Motorbefestigung 11 untergebracht, was zu einer einfachen Handhabung der Befestigung führt. Außerdem ist die erforderliche Länge des Verbindungsdurchgangs 65 für eine Fluidverbindung zwischen der oszillierenden Luftkammer 63 und der volumenregulierenden Luftkammer 53 relativ klein, so daß die Arbeitsluftkammer 66 eine im wesentlichen einheitliche Struktur besitzt.

In der Motorbefestigung 11 nach der vorliegenden Ausführungsform sind die Betriebsstellungen der Gummiplatte

47, mit anderen Worten die Positionen am unteren Ende bzw. am oberen Ende der vertikalen Verlagerung der Gummipalte 47, durch die untere Stirnfläche des Bodenteils 37 und die Unterseite der mittleren Öffnung 38 des Bodenteils 37 genau festgelegt, wodurch eine stabile Erzeugung einer gewünschten Oszillationskraft der Motorbefestigung 11 gewährleistet ist. Außerdem wird das Volumen der Arbeitsluftkammer 66 in einfacher und stabiler Weise durch das Volumen vermindert, das dem der volumenregulierenden Luftkammer 53 entspricht, indem lediglich die untere endseitige Öffnung des Verbindungsdurchlasses 65 mit der Gummipalte 47 verschlossen wird, so daß das Volumen der Arbeitsluftkammer 66 wirksam und stabil minimiert wird.

In der Motorbefestigung 11 gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind die oszillierende Luftkammer 63 und die volumenregulierende Luftkammer 53 unabhängig voneinander ausgebildet und werden durch den Verbindungsdurchgang 65 in Verbindung miteinander gehalten. Die Motorbefestigung 11 nach der vorliegenden Ausführungsform kann so modifiziert werden, daß die oszillierende Luftkammer 63 und die volumenregulierende Luftkammer 53 so ausgebildet sind, daß sie innerhalb einer einzigen Kammer enthalten sind. In diesem Fall ist das Abtrennteil 45 mit einer Anzahl von durch dieses hindurch ausgebildeten Verbindungsdurchgängen versehen, wobei jeder Durchgang eine relativ große Querschnittsfläche aufweist und innerhalb der Arbeitsluftkammer 66 angeordnet ist, so daß die obere Endstellung der Verlagerung der Gummipalte 47 in geeigneter Weise durch einen anstoßenden Kontakt der Gummipalte 47 mit der unteren Stirnfläche des Abtrennteils 45 definiert ist. Diese Anordnung gewährleistet eine präzise Positionierung der Gummipalte 47, wenn das Volumen der Arbeitsluftkammer 66 reduziert wird.

Obwohl bei der Motorbefestigung gemäß der vorliegenden Ausführungsform die volumenregulierende Luftkammer 53 darin ausgebildet bzw. enthalten ist, ist es möglich, die volumenregulierende Luftkammer 53 unabhängig und getrennt von der Motorbefestigung auszubilden. Ein Beispiel dieser Bauart der Motorbefestigung ist in Fig. 4 als zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erläutert. In der zweiten Ausführungsform gemäß Fig. 4 werden die gleichen Bezugszeichen verwendet, wie sie bei der ersten Ausführungsform nach Fig. 1 und 2 verwendet worden sind, um Teile zu bezeichnen, die gleich oder ähnlich sind wie die der ersten Ausführungsform. Zwecks Vereinfachung der Beschreibung erfolgt keine nochmalige Beschreibung von Teilen.

Die Motorbefestigung 87 gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet eine Befestigungseinheit 88, die die ersten und zweiten Befestigungsteile 13, 15 umfaßt, welche elastisch mit dem dazwischen angeordneten elastischen Körper 17 sowie mit einer Luftkammereinheit 95 verbunden sind. Bei der vorliegenden Motorbefestigung 87 ist die oszillierende Luftkammer 63 innerhalb des zweiten Befestigungsteils 15 ausgebildet, während die volumenregulierende Luftkammer 53 so ausgebildet ist, daß sie unabhängig von der Befestigungseinheit 88 ist. Mehr im einzelnen beschrieben, ist eine Luftkammereinheit 95 in Form eines hohlen zylindrischen Gehäuses aus Metall unabhängig ausgebildet, um darin die volumenregulierende Luftkammer 53 zu bilden. Die Luftkammereinheit 95 umfaßt ein becherförmiges Gehäuseteil 89 und eine plattenförmige Verschlussplatte 91, die auf die obere Stirnfläche des Gehäuseteils 89 aufgelegt ist, um die Öffnung des Gehäuseteils 89 zu verschließen, so daß ein Innenraum 93 innerhalb des Gehäuses 95 gebildet wird. Die Gummipalte 47 ist elastisch verformbar in dem Innenraum 93 aufgenommen, so daß die Gummipalte 47 an dem Flanschabschnitt

49 durch das Gehäuseteil 89 und die Verschlussplatte 91 und dazwischen erfaßt ist. Der Innenraum 93 der Luftkammereinheit 95 wird durch die Gummipalte 47 in zwei Abschnitte auf gegenüberliegenden Seiten der Gummipalte 47 unterteilt. Die Gummipalte 47 wirkt mit dem Gehäuseteil 89 zusammen, um die volumenregulierende Luftkammer 53 zu bilden, während sie mit der Verschlussplatte 91 zusammenwirkt, um die Schaltluftkammer 53 zu bilden. Die volumenregulierende Luftkammer 53 ist an das Luftleitungssystem 79 über die abgezwigte Luftleitung 97 angeschlossen, die an einem Abschnitt zwischen dem Schaltventil 81 und der Arbeitsluftkammer 63 ausgebildet ist. Auf diese Weise liegt der Unterdruck der Unterdruckquelle 19 sowohl an der Schaltluftkammer 53 als auch an der oszillierenden Luftkammer 63 an. Die Schaltluftkammer 53 steht unmittelbar mit der Vakuumquelle 19 über einen Anschluß 99 in Verbindung, der an der Oberseite der Verschlussplatte 91 ausgebildet ist und in diese mündet, und durch eine Bypass-Luftleitung 100, deren gegenüberliegende Enden mit dem Anschluß 99 und einem Abschnitt des Luftleitungssystems 79 zwischen der Unterdruckquelle 19 und dem Schaltventil 81 verbunden sind. In der Schaltluftkammer 53 gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist eine Begrenzungsplatte 101 aufgenommen, durch die die Gummipalte 47 zwangsweise bzw. mit einer gewissen Kraft auf die Bodenfläche des Gehäuseteils 89 aufgelegt wird. Die Begrenzungsplatte 101 ist ein plattenartiges Teil, das eine geringe Dicke aufweist und aus einem harten Material wie bspw. Metall besteht. Die Anordnung der Begrenzungsplatte 101 vergrößert die Stabilität des Formverhaltens der Gummipalte 47, so daß eine verbesserte Betriebsstabilität und Dauerhaftigkeit der Motorbefestigung 87 gewährleistet ist.

Die Motorbefestigung 87, die entsprechend der vorliegenden Ausführungsform aufgebaut ist, ist in der Lage, eine höhere schwingungsdämpfende Wirkung als bei der ersten Ausführungsform bereitzustellen. Weiterhin ist bei der Motorbefestigung 87 die volumenregulierende Luftkammer 53 in der Luftkammereinheit 95 ausgebildet, die unabhängig von der Befestigungseinheit 88 ist, was zu einer Verkleinerung der Abmessung der Befestigungseinheit 88 führt, was schließlich zu einem größeren Freiheitsgrad bei der Bestimmung einer Einbauposition der volumenregulierenden Luftkammereinheit 95 führt. In diesem Zusammenhang kann das Luftleitungssystem 79 in geeigneter Weise so angeordnet sein, daß die Positionsbeziehung zwischen der Befestigungseinheit 88 und der Luftkammereinheit 95 berücksichtigt wird. Diese Anordnung ermöglicht einen größeren Freiheitsgrad bei der Bestimmung der Einbauposition der Motorbefestigung 87 und macht es möglich, die Motorbefestigung 87 unter günstiger Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Platzes einzubauen.

In der ersten und zweiten, vorstehend beschriebenen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das Volumen der Arbeitsluftkammer 66 entsprechend der Größe bzw. Amplitude der Schwingung des schwingenden Teils reguliert, d. h. der Antriebseinheit, durch Verwendung der Schaltluftkammer 51, die als ein Betätigungsglied vom pneumatischen Typ wirkt und durch den daran angelegten Unterdruck der Unterdruckquelle 19 betätigt ist. Der Mechanismus zum Regulieren des Volumens der Arbeitsluftkammer 66 kann anders angeordnet sein. Beispielsweise ist ein Beispiel dieser Bauart der Motorbefestigung in Fig. 5 als dritte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erläutert. In der dritten Ausführungsform gemäß Fig. 5 sind die gleichen Bezugszeichen wie bei der zweiten Ausführungsform nach Fig. 4 verwendet, um Elemente zu bezeichnen, die gleich oder ähnlich wie die der zweiten Ausführungsform sind.

Unter Bezugnahme auf Fig. 5 ist die Motorbefestigung 102 dargestellt, die entsprechend der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aufgebaut ist. Bei der Motorbefestigung 102 ist eine rohrförmige Struktur 105 mit einem Abschnitt des Luftleitungssystems 79 zwischen dem ersten Schaltventil 81 und der oszillierenden Luftkammer 63 angeschlossen. Diese rohrförmige Struktur 105 weist eine geeignete Länge auf und ist mit einer Zweigleitung 97 über ein zweites Schaltventil 103 verbunden. Die rohrförmige Struktur 105 ist an ihrem von der Zweigleitung 97 entfernten Endabschnitt mittels eines Verschlussteils 107 gasdicht verschlossen. Wenn sich das zweite Schaltventil 103 in seiner offenen Stellung befindet, stehen der abgezwigte Durchgang 97 und die rohrförmige Struktur 105 miteinander in Verbindung und wirken miteinander zusammen, um die volumenregulierende Luftkammer 53 in Form eines von dem Luftleitungssystem 79 abgezwigten und eine geeignete Länge L aufweisenden Dämpfers zu bilden.

Die volumenregulierende Luftkammer 53, die wie vorstehend beschrieben aufgebaut ist, wird mit der oszillierenden Luftkammer 63 durch das zweite Schaltventil 103 und das Luftleitungssystem 79 durch eine Schaltbetätigung des zweiten Schaltventils 103 verbunden oder davon getrennt, so daß das Volumen der Arbeitsluftkammer 66 durch die Größe des Volumens der volumenregulierenden Luftkammer 53 vergrößert oder verkleinert wird. In der vorliegenden Ausführungsform wird das zweite Schaltventil 103 durch ein elektrisches Steuersignal betätigt, das einem Signal entspricht, das einen Betriebszustand der Verbrennungskraftmaschine angibt. Daher ist die Motorbefestigung 102 nach der vorliegenden Ausführungsform in der Lage, eine hohe schwingungsdämpfende Wirkung bereitzustellen, wie dies bei der zweiten Ausführungsform der Fall ist.

Die volumenregulierende Luftkammer 53 in Form des Dämpfers ist dahingehend wirksam, die Luftdruckschwankung zu reduzieren, deren Frequenz der Länge L entspricht, basierend auf der Resonanz. Daher wird die Länge L in Abhängigkeit von der zu dämpfenden Schwingung bestimmt, welches insbesondere höhere harmonische Anteile der Oszillationsfrequenz der oszillierenden Platte 59 sind. Mit dem Dämpfer, dessen Länge in der gewünschten Weise eingestellt ist, ist die Motorbefestigung 102 nach der vorliegenden Ausführungsform in der Lage, eine große schwingungsdämpfende Wirkung mit großer Genauigkeit bereitzustellen. Das Volumen der volumenregulierenden Luftkammer 53, mit anderen Worten, die Größe der Veränderung des Volumens der Arbeitsluftkammer 66, kann passend eingestellt werden, indem die Querschnittsfläche der rohrförmigen Struktur 105 eingestellt wird.

Obwohl das Volumen der Arbeitsluftkammer 66 in den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen zwischen zwei Alternativen umgeschaltet wird, d. h. zwischen dem maximalen und minimalen Volumen, kann die Arbeitsluftkammer so angeordnet sein, daß drei oder mehr Alternativen von unterschiedlichen Volumengrößen vorhanden sind.

Als nächstes sei auf Fig. 6 und 7 Bezug genommen, in denen pneumatisch betriebene aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtungen dargestellt sind, die entsprechend den vierten und fünften Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung aufgebaut sind, wobei die Motorbefestigungseinheit 87 mit der zweiten Ausführungsform nach Fig. 4 identisch ist.

In der vorliegenden vierten Ausführungsform nach Fig. 6 beinhaltet eine Volumenregulatoreinheit 109 zylindrischer Bauart einen Antriebsmechanismus 113, beispielsweise einen Elektromotor und ein elektromagnetisches Betätigungsglied, und ein becherförmiges Gehäuseteil 117. Der Antriebsmechanismus 113 ist auf das Gehäuseteil 117 auf-

gesetzt, so daß die Öffnung des Gehäuseteils 117 dadurch geschlossen wird und dazwischen ein Innenraum 118 gebildet wird. Der Innenraum 118 nimmt eine scheibenförmige Kolbenplatte 115 und einen dünnen ringförmigen elastischen Träger 119 auf. Die Kolbenplatte 115 ist mit der äußeren Welle des Antriebsmechanismus 113 verbunden, so daß die Kolbenplatte 115 in der vertikalen Richtung von Fig. 6 hin- und herbewegbar ist. Der elastische Träger 119 ist an seinen inneren und äußeren Umfangsflächen mit der äußeren Umfangsfläche der Kolbenplatte 115 bzw. der inneren Umfangsfläche des Gehäuseteils 117 verbunden, und zwar bei dem Vulkanisierungsvorgang eines Gummimaterials, bei dem der elastische Träger 119 hergestellt wird. Daher ist die Öffnung des Gehäuseteils 117 durch die Kolbenplatte 115 und den elastischen Träger 119 fluiddicht verschlossen, wodurch die luftdruckregulierende Kammer 53 gebildet wird, die mit dem abgezwigten Durchgang 97 durch einen Anschluß 124 verbunden ist, der an der Bodenfläche des Gehäuseteils 117 ausgebildet ist. In einer wie vorstehend beschriebenen aufgebauten Volumenregulatoreinheit 109 ist die Kolbenplatte 115 in der axialen Richtung verlagerbar, d. h. in der vertikalen Richtung von Fig. 6, durch die Betätigung des Antriebsmechanismus 113, wodurch in wirksamer und einfacher Weise die luftdruckregulierende Kammer 113 bereitgestellt wird, deren Volumen kontinuierlich veränderbar ist.

In der vorliegenden fünften Ausführungsform gemäß Fig. 7 beinhaltet eine Volumenregulatoreinheit 111 des zylindrischen Typs ein becherförmiges Gehäuseteil 123, auf das der Antriebsmechanismus 113 aufgesetzt ist, wobei ein Kolben 121 durch die Innenfläche des Gehäuseteils 123 verschieblich aufgenommen ist. Der Kolben 121 weist einen Dichtungsring 122 auf, der an der äußeren Umfangsfläche des Kolbens 121 angeordnet ist, so daß die Öffnung des Gehäuseteils 123 fluiddicht durch den Kolben 121 verschlossen ist, wodurch die luftdruckregulierende Kammer 53 bereitgestellt wird, die durch die Innenfläche des Gehäuseteils 123 und eine der gegenüberliegenden Flächen des Kolbens 121, die von dem Betätigungsglied 113 entfernt liegt, festgelegt wird. Wie aus Fig. 7 ersichtlich ist, ermöglicht die Volumenregulatoreinheit 111 nach der vorliegenden Ausführungsform eine stabilere und präzisere Regulierung des Volumens der volumenregulierenden Luftkammer 53, d. h. des Volumens der Arbeitsluftkammer 66, und zwar über einen größeren Bereich im Vergleich mit der volumenregulierenden Einheit 109 nach der vierten Ausführungsform.

Es sei darauf verwiesen, daß die Volumenregulatoreinheiten 109, 111, wie sie in Fig. 6 und 7 dargestellt sind, auch durch das elektrische Steuersignal betätigt werden können, dessen Komponenten denen der zu dämpfenden Schwingung entsprechen, so daß die volumenregulierende Luftkammer 53 sich in Abhängigkeit von dem Zustand der zu dämpfenden Schwingung verändert. Somit sind die Schwingungsdämpfungsvorrichtungen, die entsprechend der vierten und fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aufgebaut sind, in der Lage, große schwingungsdämpfende Wirkungen bereitzustellen, wie dies bei der zweiten Ausführungsform der Erfindung der Fall ist.

Obwohl die vorliegende Erfindung mit ihren bevorzugten Ausführungsformen im einzelnen und mit bestimmten Besonderheiten beschrieben worden ist, ist die Erfindung selbstverständlich nicht auf die Einzelheiten der erläuterten Ausführungsformen beschränkt. Beispielsweise kann die Arbeitsluftkammer 66 als eine einzelne Luftkammer aufgebaut sein, die innerhalb der Motorbefestigung ausgebildet ist, und kann die Volumenregulatoreinheit 109, 111 vom Kolbentyp aufnehmen, wie sie in Fig. 6 und 7 dargestellt ist, so daß das Volumen der Luftkammer kontinuierlich oder

zwischen alternativen Werten unterschiedlicher Volumina davon verändert werden kann.

In den dargestellten Ausführungsformen wird die oszillierende Kraft durch Verwendung des Druckunterschiedes zwischen dem Atmosphären- bzw. Umgebungsdruck und dem Unterdruck erzeugt, der an jedem Motorfahrzeug zur Verfügung steht, welches eine Verbrennungskraftmaschine besitzt, d. h. dem Unterdruck im Lufteingangssystem des Motors. Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die dargestellten Ausführungsformen beschränkt und kann so realisiert werden, daß beliebige andere zwei oder mehr Druckquellen verwendet werden, deren Druckwerte sich voneinander unterscheiden. Beispielsweise kann die Kombination von Atmosphärendruck und einem Überdruck, der höher ist als der des Atmosphärendrucks, verwendet werden.

In den Schwingungsdämpfungsrichtungen, die entsprechend der zweiten, dritten, vierten und fünften Ausführungsform aufgebaut sind, wie in Fig. 4 bis 7 erläutert, ist die volumenregulierende Luftkammer 53 an das Luftleitungssystem 79 an einem Abschnitt zwischen dem ersten Schaltventil 81 und der oszillierenden Luftkammer 63 angeschlossen, so daß die luftdruckregulierende Kammer 53 wirkungsvoll ein gewünschtes Druckregulierungsvermögen bereitstellen kann. In Bezug auf die Volumenregulatoreinheiten 109, 111 nach Fig. 6 und 7 ist es möglich, diese Volumenregulatoreinheiten 109, 111 an das Luftleitungssystem 79 an einem Abschnitt zwischen dem ersten Schaltventil 81 und der Unterdruckquelle 19 anzuschließen.

Während jede der dargestellten Motorbefestigungen nach der vorliegenden Erfindung die druckaufnehmende Kammer 77 umfaßt, die teilweise durch den elastischen Körper 17 und die oszillierende Platte 59 gebildet wird, kann die Motorbefestigung nach der Erfindung ferner eine Hilfsfluidkammer umfassen, die von der druckaufnehmenden Kammer 77 durch ein Unterteilungselement abgeteilt ist, das durch das zweite Befestigungsteil 14 gehalten ist, und teilweise durch die oszillierende Platte 59 gebildet wird. Die Hilfsfluidkammer wird durch den Fluiddurchgang in Fluidverbindung mit der druckaufnehmenden Kammer 77 gehalten, so daß die periodische Druckveränderung, die in der Hilfsfluidkammer aufgrund der Oszillation der oszillierenden Platte 59 erzeugt wird, durch den Strom des durch den Fluiddurchgang hindurchgehenden Fluids an die druckaufnehmende Kammer übertragen wird. In diesem Fall kann die Menge des Stroms des Fluids durch den Fluiddurchgang durch die Oszillation der oszillierenden Platte 59 auf der Grundlage der Resonanz des durch den Fluiddurchgang strömenden Fluids wirksam vergrößert werden. Eine so aufgebaute Motorbefestigung ist in der Lage, eine oszillierende Kraft bereitzustellen, die eine größere Amplitude aufweist, und den Druck des Fluids in der druckaufnehmenden Kammer zu reduzieren.

Es sei darauf verwiesen, daß die vorliegende Erfindung nicht notwendigerweise eine mit einem inkompressiblen Fluid gefüllte Fluidkammer erfordert. Beispielsweise kann die Motorbefestigung nach der vorliegenden Erfindung so aufgebaut sein, daß die periodische Veränderung des Luftdrucks der Arbeitsluftkammer direkt zwischen dem ersten und zweiten Befestigungsteil 13, 15 aufgebracht wird, um die oszillierende Kraft dazwischen zu erzeugen.

In den dargestellten Ausführungsformen ist die vorliegende Erfindung auf einen Typ einer Motorbefestigung angewendet, bei der die ersten und zweiten Befestigungsteile 13, 15 einander gegenüberliegend mit einem zweckmäßigen Abstand in einer Richtung angeordnet sind, z. B. in einer vertikalen Richtung. Die vorliegende Erfindung kann auf andere Typen von Motorbefestigungen angewendet werden, beispielsweise auf eine Motorbefestigung für ein Motorfahr-

zeug mit vorn angeordnetem Motor und Vorderradantrieb, die ein inneres Hülsenteil und ein äußeres Hülsenteil aufweist, die radial außerhalb der mittleren Welle angeordnet sind und die durch einen dazwischen angeordneten elastischen Körper elastisch miteinander verbunden sind.

Während die vorliegende Erfindung in den dargestellten Ausführungsformen auf eine Motorbefestigung für ein Motorfahrzeug angewendet ist, sind die Grundlagen der vorliegenden Erfindung auch auf andere Bauarten von aktiven Schwingungsdämpfungsrichtungen für Fahrzeuge anwendbar, wie beispielsweise für Fahrzeuggrundkörper- bzw. Karosseriebefestigungen bzw. -aufhängungen und Differentialgetriebefestigungen, sowie auf aktive Schwingungsdämpfungsrichtungen, wie sie in zahlreichen Anlagen oder Systemen außerhalb von Motorfahrzeugen verwendet werden.

Die in der vorangehenden Beschreibung, in der Zeichnung sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebigen Kombinationen für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.

Patentansprüche

1. Pneumatisch betätigte aktive Schwingungsdämpfungsrichtung (11, 87, 102), die zwischen zwei Teilen eines Schwingungssystems angeordnet ist, um die beiden Teile in einer schwingungsdämpfenden Weise zu verbinden, wobei die Schwingungsdämpfungsrichtung umfaßt:

ein erstes und ein zweites Befestigungsteil (13, 15), die einen gegenseitigen Abstand aufweisen und an den beiden Teilen des Schwingungssystems befestigbar sind; einen elastischen Körper (17), der das erste und zweite Befestigungsteil elastisch verbindet; eine Arbeitsluftkammer (53, 63), die dazu bestimmt ist, eine oszillierende Kraft zwischen dem ersten und dem zweiten Befestigungsteil aufzubringen, auf der Grundlage einer periodischen Veränderung eines Luftdrucks in der Arbeitsluftkammer; und einen Volumenregler (51, 95, 103, 105, 109, 111), der dazu bestimmt ist, das Volumen der Arbeitsluftkammer zu regeln.

2. Pneumatisch betätigte aktive Schwingungsdämpfungsrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Arbeitsluftkammer mit einer externen Luftdruckquelle (19) verbunden ist, deren Druck sich ändert, wobei der Volumenregler so betätigt wird, daß das Volumen der Arbeitsluftkammer vergrößert wird, wenn ein absoluter Druck der externen Luftdruckquelle höher ist als ein vorbestimmter Wert; und das Volumen der Arbeitsluftkammer verkleinert wird, wenn der absolute Druck der externen Luftdruckquelle niedriger ist als der vorbestimmte Wert.

3. Pneumatisch betätigte aktive Schwingungsdämpfungsrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Arbeitsluftkammer mit einer Unterdruckquelle (19) einer Verbrennungskraftmaschine vom Direkteinspritzungstyp verbunden ist, die zwei Betriebsarten aufweist, eine stöchiometrische Betriebsart und eine Direkteinspritzungs-Betriebsart, wobei der Volumenregler so betätigt wird, daß das Volumen der Arbeitsluftkammer vergrößert wird, wenn sich die Verbrennungskraftmaschine in der stöchiometrischen Betriebsart befindet, und das Volumen der Arbeitsluftkammer verkleinert wird, wenn sich die Verbrennungskraftmaschine in der Direkteinspritzungs-Betriebsart befindet.

4. Pneumatisch betätigte aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch ein erstes Schaltventil (81), das mit der Arbeitsluftkammer verbunden ist und die Arbeitsluftkammer abwechselnd mit zumindest zwei externen Luftdruckquellen verbindet, die Drücke aufweisen, die unterschiedlich voneinander sind, so daß dadurch die periodische Veränderung des Luftdrucks in der Arbeitsluftkammer bewirkt wird, wobei eine der beiden externen Luftdruckquellen die Atmosphäre ist.

5. Pneumatisch betätigte aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Volumenregler ein Betätigungsglied (51, 95, 103, 105, 109, 111) aufweist, das auf der Grundlage eines in dieses eingegebenen Antriebssignals betätigt wird, so daß das Volumen der Arbeitsluftkammer verändert wird.

6. Pneumatisch betätigte aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Betätigungsglied auf der Grundlage des Antriebssignals betätigt wird, das aus dem Luftdruck in der Arbeitsluftkammer besteht, um das Volumen der Luftkammer entsprechend dem Luftdruck in der Arbeitsluftkammer zu verändern.

7. Pneumatisch betätigte aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebssignal einer zu dämpfenden Schwingung entspricht, wobei der Volumenregler auf der Grundlage des Antriebssignals betätigt wird, so daß sich das Volumen der Arbeitsluftkammer verändert, damit es sich mit dem Antriebssignal synchronisiert.

8. Pneumatisch betätigte aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Betätigungsglied umfaßt: eine bewegbare Platte (47), die teilweise auf einer von ihren einander gegenüberliegenden Oberflächen die Arbeitsluftkammer bildet und verlagert wird, um das Volumen der Arbeitsluftkammer zu verändern; eine Vorspanneinrichtung (55), die dazu bestimmt ist, die bewegbare Platte in Richtung auf eine von ihren gegenüberliegenden Seiten vorzuspannen; und eine Arbeitsluftkammer (51), die teilweise durch die andere Seite der bewegbaren Platte, die sich entfernt von der Arbeitsluftkammer befindet, gebildet wird, und die mit einer externen Druckluftquelle (19) verbunden ist, um einen Luftdruck auf die bewegbare Platte aufzubringen, um die bewegbare Platte in Richtung auf deren andere Seite zu verlagern.

9. Pneumatisch betätigte aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Betätigungsglied einen elektrisch betätigten, hin- und herbewegbaren Kolben (115, 121) aufweist.

10. Pneumatisch betätigte aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Arbeitsluftkammer umfaßt: eine oszillierende Luftkammer (63), die dazu bestimmt ist, die oszillierende Kraft zwischen dem ersten und dem zweiten Befestigungsteil aufzubringen; und eine volumenregulierende Luftkammer (53), deren Volumen variabel ist, wobei die oszillierende Luftkammer und die volumenregulierende Luftkammer durch einen Verbindungsdurchgang (65, 67, 97) miteinander in Verbindung stehen.

11. Pneumatisch betätigte aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, gekennzeichnet durch ein zweites Schaltventil (47, 55,

103), das die volumenregulierende Luftkammer mit der oszillierenden Luftkammer verbindet und davon trennt, so daß das Volumen der Arbeitsluftkammer geregelt wird.

12. Pneumatisch betätigte aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die volumenregulierende Luftkammer mit einem Abschnitt des Luftleitungssystems verbunden ist.

13. Pneumatisch betätigte aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die volumenregulierende Luftkammer mit einem Abschnitt des Luftleitungssystems zwischen der Arbeitsluftkammer und dem ersten Schaltventil verbunden ist.

14. Pneumatisch betätigte aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß eine druckschwankungsreduzierende Einrichtung (105) in einem Abschnitt des Luftleitungssystems angeordnet ist, um höhere harmonische Anteile der periodischen Änderung des Luftdrucks zu reduzieren.

15. Pneumatisch betätigte aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die druckschwankungsreduzierende Einrichtung aus einem Dämpfer (105) besteht.

16. Pneumatisch betätigte aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Fluidkammer (77), die mit einem inkompressiblen Fluid gefüllt ist und teilweise durch den elastischen Körper gebildet wird, wobei ein bewegbares Teil (9) teilweise die Fluidkammer auf einer von deren gegenüberliegenden Seiten bildet und die Arbeitsluftkammer auf der anderen Seite, die von der Fluidkammer beabstandet ist, wobei das bewegbare Teil durch die periodische Veränderung des Luftdrucks in der Arbeitsluftkammer oszilliert wird, um eine Druckänderung des Fluids in der Fluidkammer herbeizuführen, um die oszillierende Kraft zwischen dem ersten und zweiten Befestigungsteil zu erzeugen.

17. Pneumatisch betätigte aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung nach Anspruch 16, gekennzeichnet durch eine Gleichgewichtskammer (29), die teilweise durch eine flexible Membran (27) gebildet wird und mit dem inkompressiblen Fluid gefüllt ist, mit einem eine Öffnung festlegenden Teil (33) zum Bilden eines Öffnungsdurchlasses (35) zur Fluidverbindung zwischen der Gleichgewichtskammer und der Fluidkammer.

18. Pneumatisch betätigte aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß das bewegbare Teil ein elastisches Teil (61) aufweist, das eine elastische Kraft zum Zurückstellen des bewegbaren Teils in dessen Ausgangsstellung erzeugt.

19. Pneumatisch betätigte aktive Schwingungsdämpfungsvorrichtung nach Anspruch 16, gekennzeichnet durch eine Hilfsfluidkammer, die von der Fluidkammer durch ein Abtrennteil abgeteilt ist, das von dem zweiten Befestigungsteil getragen ist und teilweise durch das bewegbare Teil gebildet wird, wobei die Hilfsfluidkammer in Fluidverbindung mit der Fluidkammer durch einen Fluiddurchlaß gehalten ist, der durch das Abtrennteil hindurch ausgebildet ist, wobei das bewegbare Teil durch die periodische Veränderung des Luftdrucks in der Arbeitsluftkammer oszilliert wird, um eine Druckveränderung des Fluids in der Hilfsfluidkammer herbeizuführen, und wobei die Druckverände-

zung der Hilfsfluidkammer durch einen durch den
Fluiddurchgang strömenden Strom des Fluids an die
druckaufnehmende Kammer übertragen wird.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

FIG.2

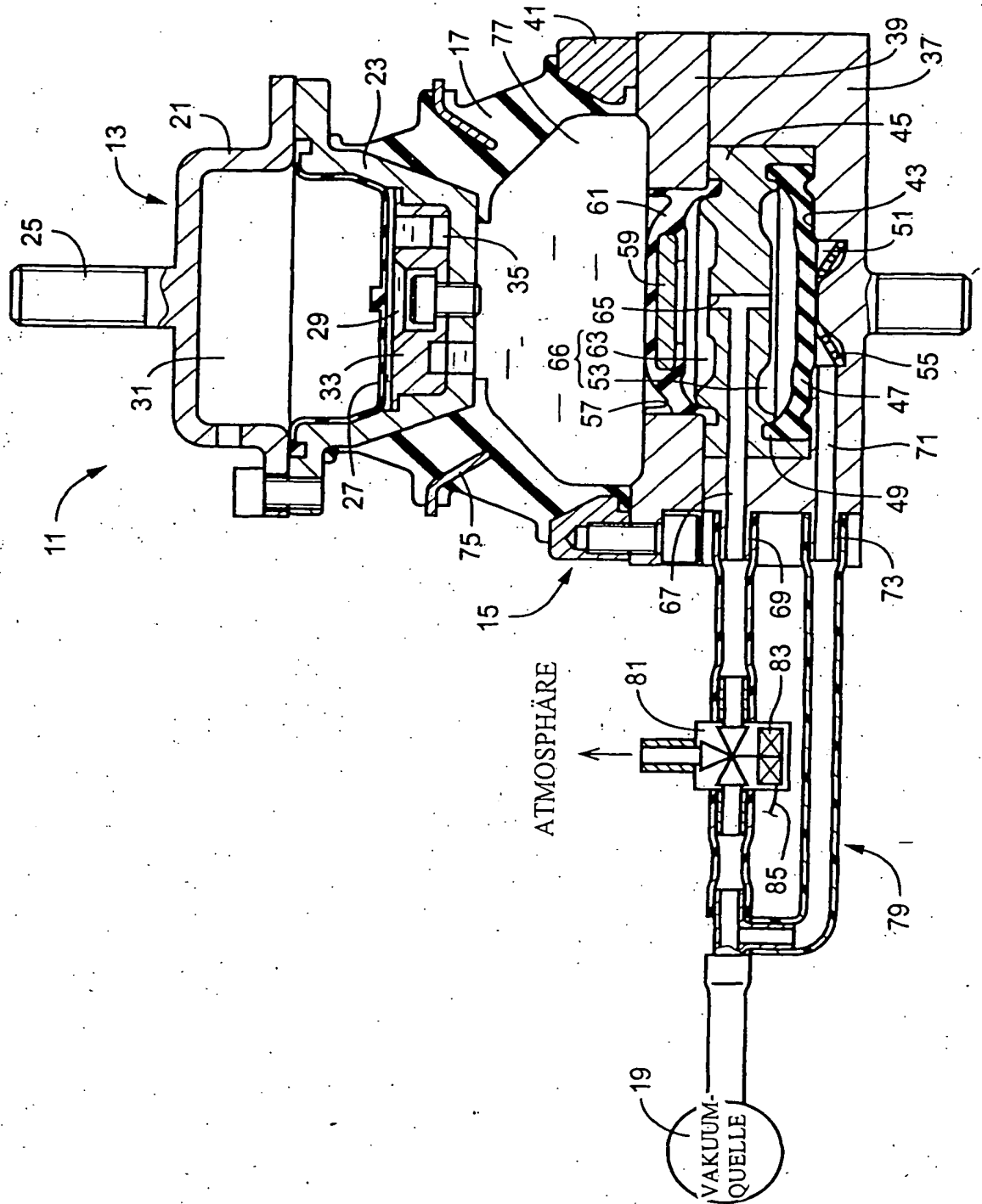


FIG.3

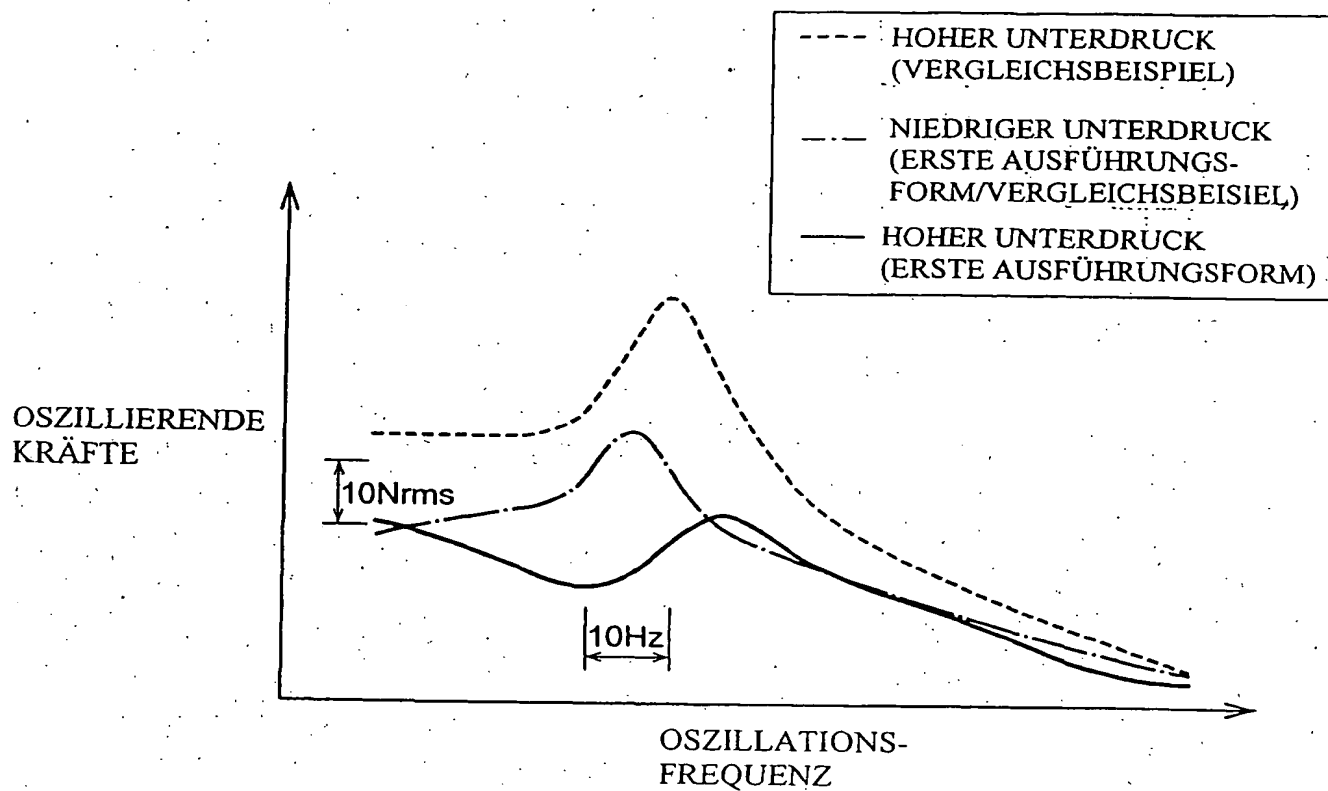


FIG.4

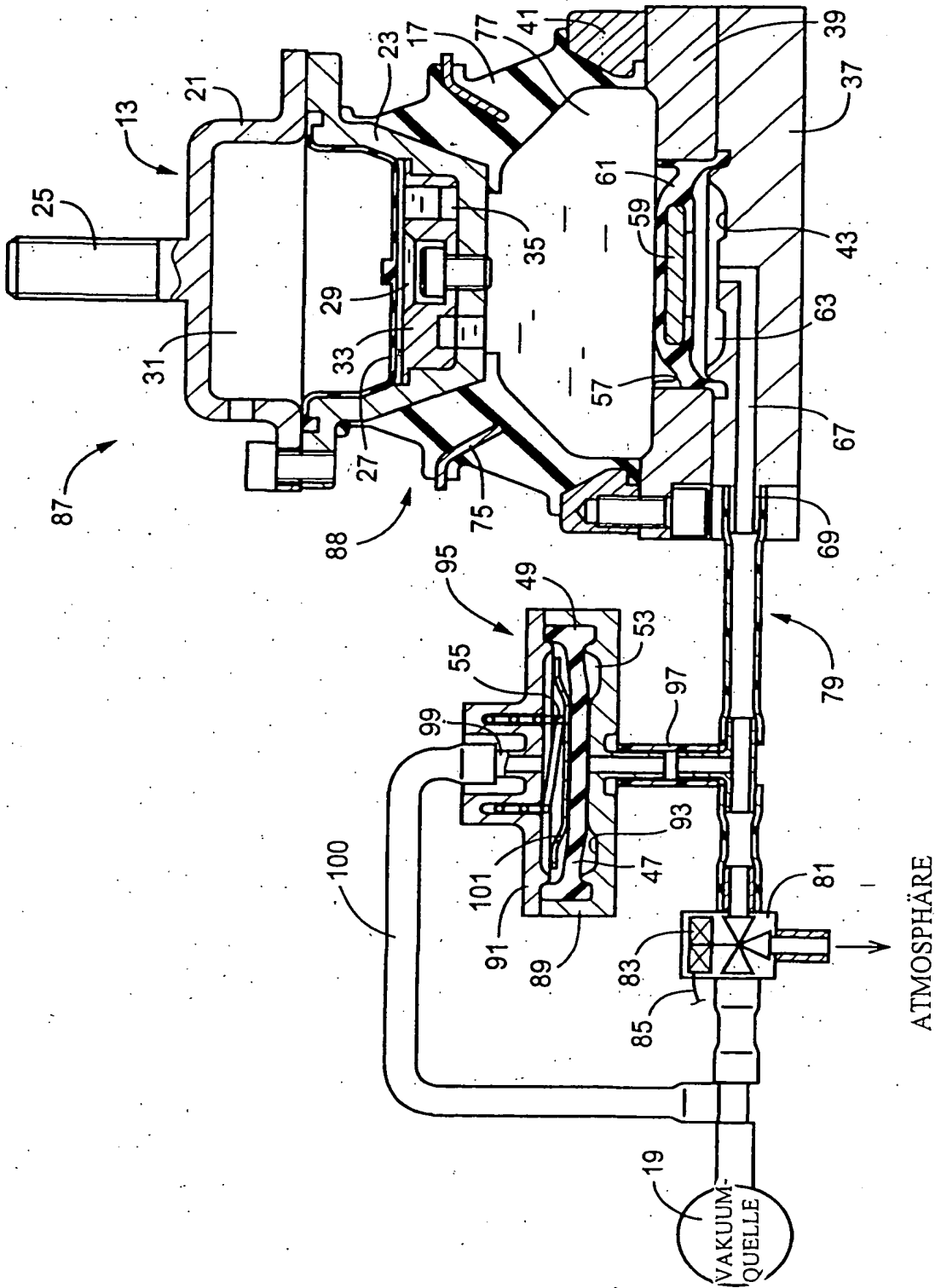


FIG. 5

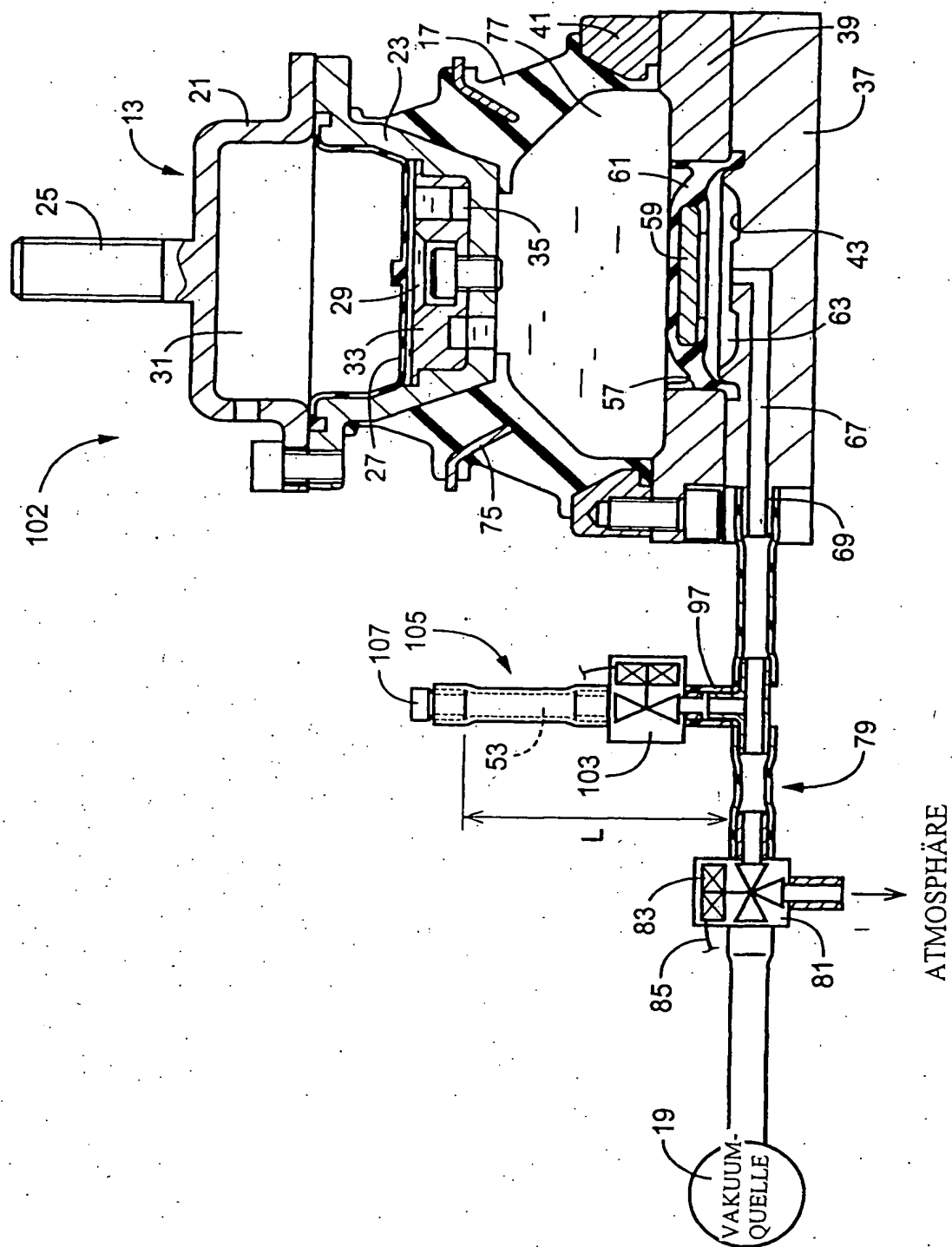


FIG.6

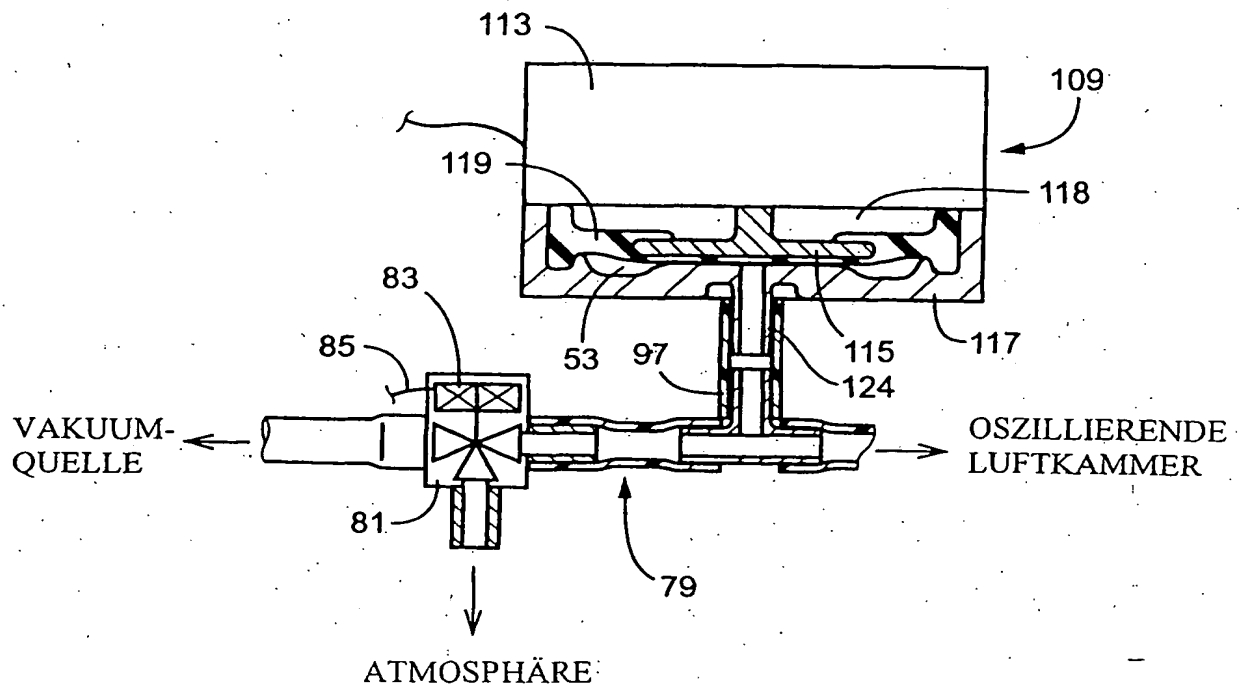


FIG. 7

